

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
Vicerrectoría de Investigación y Extensión**

**Informe de proyecto de investigación:**

**Efecto de la castración y la pseudocastración con elastrador al nacimiento, sobre el crecimiento, calidad la carne y de la canal, en ganado cebú comercial, bajo condiciones de trópico húmedo en la Zona Norte de Costa Rica.**

**(Código VIE 5402-2151-8901)**

**Informe elaborado por:**

Ing. Juan Carlos Cardona, Lic. Escuela de Agronomía, ITCR – SSC,  
Ejecutor.

## **Tabla de contenido**

Resumen	9	
1	Introducción	10
2	Marco teórico	12
2.1	Castración	12
2.2	Pseudocastración	14
2.3	Efectos de la castración	14
2.4	Alimentación	16
2.5	Ganancia de peso diario (GPD)	17
2.6	Edad	18
2.7	Ultrasonografía	18
2.8	Calidad de la canal	19
2.8.1	Estimulación eléctrica	19
2.8.2	Peso de la canal	20
2.8.3	Rendimiento en canal	20
2.8.4	Área del ojo del lomo (AOL)	21
2.8.5	Rendimiento canal/carne	21
2.8.6	Grasa perirrenal	21
2.8.7	Espesor de grasa	22
2.8.8	Conformación muscular	23
2.8.9	Marmoleo	24
2.8.10	Longitud de la canal	25
2.9	Calidad de la carne	25

2.9.1	Factores que afectan la calidad de la carne	27
2.9.2	Terneza o resistencia al corte	28
2.10	Ganado <i>Bos indicus</i> .	30
3	Objetivos	32
3.1	Objetivo General	32
3.2	Objetivos Específicos	32
4	Materiales y Métodos	33
4.1	Localización	33
4.2	Tratamientos	33
4.3	Unidades experimentales	33
4.4	Toma de datos	37
4.5	Manejo Animal.	37
4.6	Raza	38
4.7	Alimentación	38
4.8	Sanidad	40
4.9	Evaluación ante mortem	40
4.10	Evaluación de la canal	41
4.11	Evaluación de la terneza de la carne	48
4.12	Diseño Experimental y Análisis de datos	52
5	Resultados y Discusión	54
5.1	Crecimiento	54
5.2	Evaluación <i>ante mortem</i>	58
5.3	Calidad de la canal	60
5.4	Terneza de la carne	63
5.5	Comportamiento	67

6	CONCLUSIONES	68
7	Consideraciones	70
8	Bibliografía	71
9	Anexos	86
9.1	Anexo A1. Modelos lineales generales y mixtos en finca	86
9.2	Anexo A2. Modelos lineales generales y mixtos Calificación canal	107
9.3	Anexo A3. Modelos lineales generales y mixtos Canal post mortem	109
9.4	Anexo A4. Modelos lineales generales y mixtos calidad de carne	124
9.5	Anexo A5. Hoja de liquidación de ganado	129
9.6	Anexo A6. Calificación de reses	130
9.7	Anexo A7. Hoja de toma de datos en finca y planta	131
9.8	Anexo A8. Hoja de toma de datos en laboratorio de carnes.	132

## Índice de cuadros

Cuadro	Título	Página
1	Fórmula del alimento utilizado durante el período de engorde (25 – 30 meses).	40
2	Medias y Error estándar de los pesos de los tratamientos Castrados (C), Pseudocastrados (P) y Testigos (T), desde el nacimiento hasta los 30 meses (900 días).	54
3	Ganancia de peso diaria ( $\text{g día}^{-1}$ ) en ceba, de los 25 a los 30 meses de vida. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento.	57
4	Medias ajustadas de las diferentes variables de calidad de canal, <i>ante</i> y <i>post mortem</i> , para cada tratamiento.	61
5	Medias de las mermas durante la cocción y la fuerza de corte Warner Blatzer (WB) $\text{kg cm}^2$ -1 en dos períodos de maduración del <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> , para los tres tratamientos: Castrados (C), Pseudocastrados (P) y Testigos (T).	65

## Índice de figuras

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
1	Elastradores y anillos de goma.	13
2	Grasa visceral en canal vacuna.	22
3	Conformación muscular de la canal (cóncavo, recto, convexo).	23
4	Grados de calidad de marmoleo.	25
5	Identificación de los terneros al nacimiento.	34
6	Posición del anillo de goma del elastrador en la castración completa.	34
7	Proceso de castración con elastrador al nacimiento.	35
8	Colocación del anillo de goma del elastrador en pseudocastración.	35
9	Colocación del anillo de goma del elastrador en pseudocastración al T2.	35
10	Cicatrización 10 días después de aplicar la técnica del elastrador.	36
11	Pesaje de los animales con romana electrónica Tru-Test XR-3000.	37
12	Croquis de los potreros del módulo de engorde en la Finca La Vega, TEC-SSC y sus respectivas áreas.	39
13	Comederos en el módulo de engorde.	39
14	Ultrasonografía <i>ante mortem</i> y pesaje.	41
15	Ganado en los corrales de la planta Coopemontecillos, separados por tratamiento.	42

16	Estimulación eléctrica <i>post mortem</i> y faenado del ganado.	43
17	Medición del grosor de la grasa de cobertura.	44
18	Medición del área del ojo del lomo.	45
19	Medición de la longitud de la canal.	45
20	Clasificación de canales según grado de musculatura. 1) Perfil convexo-rectilíneo. Amplitud en ambos cuartos y lomo prominente. 2) Perfil rectilíneo. Amplitud de ambos cuartos, costillar y lomo “llenos”. 3) Perfil cóncavo. Descarnadas, escasa amplitud, costillas marcadas. 4) Perfil cóncavo-ultra cóncavo. Descarnadas y angulosas.	46
21	Clasificación de canales según los grados de cobertura de grasa. 1) Sin presencia de grasa. 2) Grasa distribuida parcialmente en la canal, grosor de no más de 1 cm. 3) Amplia distribución, grosor de más de 1 cm.	47
22	Preparación de las muestras de músculo ( <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> ).	49
23	Preparación de las muestras de carne para análisis de terneza.	50
24	Cocción de las muestras de carne para análisis de terneza.	51
25	Medición de terneza por fuerza de corte Warner – Bratzler, del <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> .	52
26	Control de peso de terneros cebú comercial para cada tratamiento (sin castrar, castrados total y pseudocastrados con elastrador al nacimiento), desde el nacimiento hasta los 9 meses (270 días) (datos ajustados).	55
27	Control de peso de bovinos cebú comercial para cada tratamiento (sin castrar, castrado total y pseudocastrado con elastrador al nacimiento), desde el destete hasta los 30 meses (900 días) (datos ajustados).	56

**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.**

**(Código VIE 5402-2151-8901)**

Ing. Milton Villarreal, Ph.D. Escuela de Agronomía, ITCR – SSC,  
Coordinador.

Ing. Juan Carlos Cardona, Lic. Escuela de Agronomía, ITCR – SSC,  
Ejecutor.

**Informe elaborado por:**

Ing. Juan Carlos Cardona, Lic. Escuela de Agronomía, ITCR – SSC,  
Ejecutor.

## Resumen

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar el efecto de la castración y la pseudocastración con elastrador al nacimiento, sobre el desempeño productivo, la calidad de la carne y la canal, utilizando animales cebú comercial. La investigación se desarrolló en la finca La Vega, propiedad del ITCR, ubicada en el distrito de Florencia, San Carlos, Costa Rica. Se emplearon tres tratamientos y los animales se asignaron según la ocurrencia de los nacimientos. Los tratamientos fueron T1 Castración completa, T2 Pseudocastración y T3 Enteros o Testigos. El número de animales por tratamiento fue de 10, 10 y 11 respectivamente, nacidos en el 2012. Al momento del nacimiento se identificaron, pesaron y se les aplicó el tratamiento correspondiente. Todos los animales se sometieron al manejo rutinario de la finca en cuanto a sanidad, alimentación, pastoreo, etc. y se cosecharon a los 30 meses de edad; se hicieron pesajes de control periódicos; se evaluaron tres características de calidad del animal en el músculo *Longissimus dorsi lumbari* (profundidad del músculo, espesor de la grasa dorsal y marmoleo), mediante ultrasonografía; en la planta de cosecha se determinaron diferentes características de calidad de canal el día uno y dos post cosecha (peso en pie en planta, peso de la canal caliente, rendimiento pie/canal, dentición, peso de la grasa perirrenal / cardial, conformación muscular, peso de la canal fría, merma canal caliente – fría, largo de la canal, área del ojo del lomo, marmoleo y grasa de cobertura); se determinó la terneza de la carne mediante la fuerza de corte Warner Bratzler. Los datos fueron analizados con el programa estadístico InfoStat/P 3.1.1. No se encontraron diferencias significativas en el peso de los animales en ninguna de las etapas, sin embargo, en la ganancia de peso diaria en la fase de ceba (25 – 30 meses), si existió diferencia ( $p < 0,05$ ) en favor del T2 ( $1.066 \text{ g d}^{-1}$ ) y T1 ( $837 \text{ g d}^{-1}$ ); entre los T3 y los T1 no se hallaron diferencias, ni entre los T3 y T2 ( $p > 0,05$ ). *Post mortem*, se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a favor del T2, en el peso en pie en planta, peso de la canal caliente, rendimiento pie / canal y calificación de la canal y peso de la canal fría. La grasa perirrenal mostró el valor más alto ( $p < 0,05$ ) para los T1, con respecto a los demás tratamientos (8,30 kg T1 vs 5,71 T2 y 5,89 T3). La fuerza de corte solo fue diferente ( $p < 0,05$ ) a los dos días de maduración para el T2, con respecto al T1 y T3 (9,57; 10,69 y 11,53 respectivamente). Se concluye que los animales pseudocastrados mostraron ser superiores ( $p < 0,05$ ) en algunas características de calidad de canal y terneza de la carne a los dos días, y pese a que no hubo diferencias en el peso a diferentes edades, la tendencia mostrada, sugiere que podría haber beneficios económicos para el ganadero. Así mismo, el comportamiento en corral y potrero debido a la castración y pseudocastración, facilita el manejo de los animales y disminuye los riesgos de accidentes para los operarios y los animales mismos.

**Palabras claves:** castración, pseudocastración, elastrador, crecimiento, calidad canal, terneza, cebú.

# 1 Introducción

Costa Rica es un país tropical que, por sus condiciones climáticas, produce carne vacuna a partir de ganado cebuino principalmente, aprovechando su adaptación a esas condiciones y, según Murillo (2003), a una dieta basada en el consumo de pastos y forrajes toscos y de baja calidad. La poca disponibilidad de alimento en las épocas críticas, el deficiente manejo técnico de las ganaderías y la degradación de las pasturas, hacen que los animales permanezcan mucho tiempo en el potrero en su etapa de desarrollo y engorde, lo que favorece que la carne producida sea de poca calidad. Además de esto, los animales *Bos indicus* se caracterizan por producir carnes menos suaves que el *Bos taurus*, debido a una mayor actividad de la calpastatina muscular y una menor proteólisis *post mortem*, (Wheeler y Koohmarai, 1994; Whipple *et al* 1990; Pringle *et al* 1997; Alvarez y Moreira 2002). Así mismo, Koohmaraie *et al.* (2000), indican que el zinc inhibe fuertemente la acción de la proteasa calpaína, además de estar altamente correlacionado con el desarrollo del tejido conectivo. Por su parte, Seideman *et al.* (1989), encontraron contenidos mayores de zinc en animales enteros que en novillos, lo que, unido a una mayor actividad de la calpastatina, puede contribuir a una disminución de la función de la calpaína en el proceso de proteólisis del tejido muscular.

Hoy en día no basta con producir eficientemente si no se tiene claro el concepto de calidad. Esto es aplicable a todos los sistemas productivos. El consumidor es cada vez más exigente con lo que compra, sobre todo cuando se trata de alimentos, en términos sanitarios, nutricionales, organolépticos y de costo. El comercializador y productor, se han visto en la necesidad de tener en cuenta este tema, forzados por la demanda de productos de calidad, que tengan un respaldo de origen, trazabilidad, rendimiento y rentabilidad, para poder competir y perdurar en el mercado.

El productor o ganadero preocupado por manejar su hato de una manera eficiente y facilitar la operatividad de la actividad, está dispuesto a cambiar algunas prácticas de manejo, siempre y cuando eso le represente una retribución económica que lo

justifique. En el entorno ganadero del país, la práctica de la castración ha sido escasa y sólo hasta ahora ha venido desarrollándose sutilmente, sobre todo, cuando se comienza a esbozar el concepto de calidad de la carne, pese a la falta de estímulos para producir carnes de este tipo. Unido a esto, dicha práctica facilita enormemente el manejo del hato, debido a los efectos en el comportamiento del animal, pues este se torna más dócil, permitiendo mezclar lotes diferentes sin problemas de peleas por jerarquías que, con frecuencia, conllevan fracturas, roturas de cercas, mermas de peso sustanciales, etc.; se elimina, además, el apetito sexual, lo que permite engordar lotes mixtos (machos y hembras) y evita preñeces inesperadas cuando se manejan lotes de cría, (Savastano 2000; Gauttier 2003; Irwin 2004; Bavera y Peñafort 2006; Anderson 2007; AVMA 2009; Mach *et al* 2010; Morón-Fuenmayor 2010).

## 2 Marco teórico

### 2.1 Castración

De acuerdo con Savastano (2000), además del papel gametogénico de los testículos, estos actúan como glándulas endocrinas produciendo hormonas esteroidales, principalmente testosterona, que intervienen en el crecimiento, desempeño, metabolismo, comportamiento y reproducción. Cuando el macho es castrado antes de la pubertad, se interrumpe el desarrollo de los caracteres sexuales secundarios, no presentan impulso sexual y adquieren un comportamiento menos sujeto a estrés, además, su desarrollo esquelético y conformación corporal se modifican con respecto a los animales enteros, depositan una mayor cantidad de grasa subcutánea y alcanzan más peso de los cuartos traseros. En una amplia revisión de trabajos realizados con animales castrados y enteros, acerca del desempeño productivo y características de canal de animales criptórcidos, de escroto reducido o parcialmente castrados, este mismo autor encontró que estos crecen a la misma tasa o ligeramente inferior, que los animales enteros, debido a que si bien son estériles, conservan alguna producción de andrógenos testiculares, pero a diferencia de los enteros, presentan un comportamiento más tranquilo y el manejo se facilita.

La castración puede realizarse por métodos físicos y químicos. Los físicos comprenden la cirugía, la emasculación mediante el uso de la pinza de Burdizzo y la aplicación de anillos de goma o elastrador (Fig. 1). Los métodos químicos utilizan la inyección de sustancias tóxicas e inmunocastración, (Mach *et al.* 2010). Estos métodos permiten definir dos categorías o clases sexuales, tal como machos enteros, machos castrados, hembras y hembras esterilizadas.

No hay diferencia significativa en la medida del cortisol como indicador de estrés, entre la castración por medios quirúrgicos o con elastrador, sin embargo, los niveles

de haptoglobina, una proteína sérica que puede ser usada para cuantificar el malestar de los animales, es más alta para el procedimiento quirúrgico. El elastrador puede ser menos estresante y seguro, especialmente en terneros jóvenes, si se hace apropiadamente, porque la castración quirúrgica está asociada, a menudo, con severas complicaciones como infecciones y hemorragias, (Lehmkuhler 2003; Irwin 2004; Bretschneider 2005; AVMA 2009). La edad y el método de castración tienen un enorme impacto en crecimiento y la respuesta al estrés en el ganado. Debido al tamaño de las gomas, el elastrador puede utilizarse en terneros de cero a tres meses de vida sin ninguna complicación.

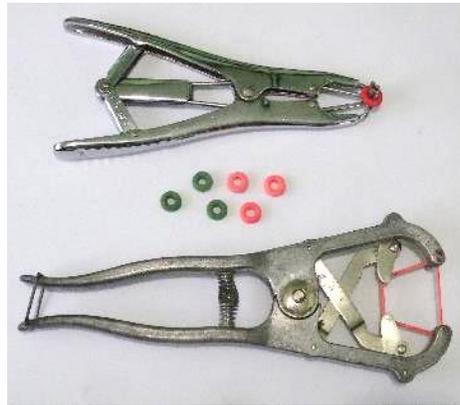


Figura 1. Elastradores y anillos de goma. Fuente: Cardona 2014.

De acuerdo con Savastano (2000) y Gauttier (2003), durante la pubertad (9 – 10 meses de edad), los testículos producen andrógenos principalmente, para promover el crecimiento muscular y la retención de nitrógeno. Después de la castración, los novillos comienzan a perder peso y su promedio de ganancia diaria cae temporalmente. La castración al nacimiento o lo más cercano a este posible, reduce drásticamente la pérdida de peso y el estrés asociado, en comparación con animales castrados al destete o post-púberes (> 9 – 10 meses de edad), que muestran una pérdida de peso por períodos más prolongados. Se ha demostrado que terneros castrados al nacimiento alcanzan los mismos pesos vivos al destete, que los que se castran en esta época, porque las diferencias en productividad debido a la testosterona, se manifiestan después de la pubertad (3 – 4 meses post

destete), además, debido a un engrasamiento más temprano de los novillos, estos tendrán mejor condición corporal que los enteros. Basado en lo anterior, la mejor edad para la castración por facilidad de manejo y resultados, es al nacimiento y utilizando el método del elastrador (Dawn 1998; Lehmkuhler 2003; Bretschneider 2005).

## **2.2 Pseudocastración**

Existe otra categoría sexual que son los animales criptórcidos, bien sea por causas naturales como escroto reducido o canal inguinal estrecho, o artificiales por castraciones parciales, especialmente mediante el uso del elastrador (criptórcidos inducidos), que permite la eliminación del escroto, dejando los testículos en cavidad abdominal (pseudocastración), (Savastano 2000). Los animales pseudocastrados son becerros muy jóvenes en los que los testículos son empujados a los canales inguinales y confinados allí por acción del anillo de goma del elastrador, colocado en el saco escrotal. La temperatura corporal del abdomen inhibe la espermatogénesis, pero continúa habiendo producción de andrógenos a una tasa reducida, suficiente para mejorar el crecimiento del animal con respecto al castrado total, pero un poco inferior al entero, manteniendo; sin embargo, un comportamiento apropiado para el manejo en la finca y una mejor calidad de canal que el macho sin castrar, (Savastano, 2000).

## **2.3 Efectos de la castración**

En cuanto a producción de carne, se ha verificado que los machos enteros depositan altos volúmenes en la región anterior (paletas y cuello) (características sexuales secundarias (CSS) que le imprimen el fenotipo varonil), mientras que los animales castrados tienden a hacerlo en el tren posterior como las hembras, donde están los músculos de mayor valor. Los pseudocastrados, puede decirse que están en un punto intermedio. A medida que aumenta la edad de castración, el efecto sobre la desaparición de las CSS disminuye, (McDonald 1978).

Se han reportado numerosos trabajos que abordan el tema de la castración en bovinos y su relación con la calidad de la canal y la carne, (Ockerman *et al* 1984; Morgan *et al* 1993; Savastano 2000; Gauttier 2003; Varela *et al* 2003; Bavera y Peñafort 2006; Mach *et al* 2010). Estos concuerdan en que esta práctica mejora las características de la canal y las cualidades organolépticas de la carne. Aunque la ganancia de peso de los animales castrados es inferior a la de los enteros después de la pubertad, tienen la ventaja de depositar mayor proporción de carne en el tren posterior, donde están los cortes más valiosos. Sumado a esto, la supresión de los testículos, hace que sean más dóciles y faciliten en gran medida el manejo de la finca, (Savastano 2000; Bretschneider 2005; Mach *et al* 2010).

Con respecto a la calidad de la canal y la carne, los animales castrados, alcanzan el peso al sacrificio a edades inferiores a la de los machos enteros, cosa que se relaciona con una mejor distribución de la grasa en la canal, mayor cantidad de grasa intramuscular, mejor coloración y terneza de la carne y un mayor rendimiento en canal debido a la relación músculo: hueso, ya que los castrados adquieren huesos más finos y largos, y al momento del sacrificio, se “limpia” menos la canal por la calidad y apariencia de la grasa con respecto a los animales enteros, (Bavera y Peñafort 2006). Rodríguez (2010), encontró que los toros tenían una mayor proporción y peso de hueso y grasa, que los novillos castrados a tres meses de edad.

Diversos autores reportados por Irwin (2004), así como Mach *et al* (2010), sostienen que los animales castrados presentan una mejor calidad de canal y carne, adicionalmente reducen el comportamiento agresivo y sexual, lo que facilita el manejo, pero reduce la concentración plasmática de hormonas anabólicas asociadas al crecimiento muscular y por lo tanto, reducen los rendimientos productivos. Estos mismos autores citan a otros que sostienen que mientras más temprana sea la edad de castración, la reducción de la ganancia media diaria debida al dolor post castración, es menor y por consiguiente, el peso al destete es similar

al de los animales enteros, pues la ventaja hormonal de estos últimos, solo se manifiesta en la etapa de la pubertad a los 9 – 10 meses de edad.

## 2.4 Alimentación

De acuerdo a lo reportado por Berg y Butterfiel (1979), los animales en pastoreo tienden a poseer unas extremidades más largas, debido a la necesidad de locomoción y tienden a mejorar el rendimiento muscular, pero bajan el rendimiento en canal y el contenido de grasa, en comparación con los animales alimentados a base de concentrado. Por otro lado, las variaciones estacionales de precipitación, horas luz y temperatura, influyen en la disponibilidad y calidad nutricional de las pasturas. Carulla *et al* (2012), citado por Rodríguez (2014), dice que el consumo de materia seca explica el 70% de la variación total en la producción de animales en pastoreo, determinada por la calidad y oferta forrajera. Así mismo, la ingesta de pasto se encuentra limitada por los niveles de fibra que presente. Calsamiglia (1997), indica que la velocidad de tránsito de la fibra en el rumen, depende de la velocidad de degradación de la misma. La Fibra Detergente Neutro (FDN) y Fibra Detergente Ácido (FDA), limitan la capacidad de ingesta, por lo que se debe buscar que un forraje no contenga más del 46% de FDN y del 35% de FDA, para ser considerados de primera calidad, de acuerdo a Bastidas *et al.* (2010).

Di Marco (2011), menciona que un forraje de alta calidad posee un nivel de proteína bruta (PB) superior al 15%, mientras que uno de baja calidad, no alcanza el 8%. Van Soest (1982), indica que los microorganismos del rumen necesitan como mínimo 12 % de PB para realizar la fermentación del forraje, pero tomando en cuenta que el nitrógeno reciclado por medio de la saliva representa un 5% de PB, un pasto con un mínimo de 7% de PB, es suficiente para llegar al mínimo requerido y no afectar el consumo de MS ni la fermentación ruminal.

De acuerdo con lo anterior, como las pasturas tropicales poseen altas cantidades de FDN, bajos contenidos de PB y digestibilidad, se limita el consumo voluntario de MS y, por consiguiente, la respuesta productiva del animal, pues no adquiere los nutrientes necesarios para expresar todo su potencial genético productivo. Por

estos motivos, se suplementan los animales en pastoreo con dietas balanceadas, con el propósito de aumentar la eficiencia de conversión e intensificar el crecimiento y engorde de los animales, acortando el ciclo productivo, (Peruchena 1999).

Savastano (2000), menciona además que la alimentación es un factor muy importante a considerar, de los que afectan las diferencias de comportamiento productivo entre categorías sexuales de animales. Sostiene que los machos enteros son menos eficientes en la utilización de la dieta, porque su nivel de metabolismo basal más alto que las demás categorías sexuales (15%), aumenta los requerimientos de mantenimiento, pero tienen una menor proporción de depósito de grasa al ganar peso, lo que hace que necesiten menos alimento que las demás categorías por unidad de aumento de peso. Sin embargo, esto favorecerá al macho entero, si el consumo de energía es alto o suficiente para superar los requerimientos de mantenimiento.

De acuerdo con Price y Schweigert (1976), Fernández (1998) y Freitas *et al* (2000) reportados por Morón-Fuenmayor *et al* (2010), los animales enteros depositan más proteína a nivel muscular en comparación con los novillos o castrados y utilizan el nitrógeno de la dieta más eficientemente, pues existe un efecto hormonal en los animales enteros que estimula los receptores de andrógenos y favorece la liberación de la hormona del crecimiento, que promueve a su vez, la síntesis y depósito de proteína en detrimento de la grasa, generando carne magra y el crecimiento muscular.

## **2.5 Ganancia de peso diario (GPD)**

La ganancia de peso diario se entiende como la acumulación de peso del animal, en gramos, por día. El uso de suplementos alimenticios ayuda a mejorar la producción de animales en pastoreo en el trópico, debido a las características de las pasturas. Soto y Garmendia (1997) y Aranda *et al* (2010), sugieren que los novillos en pastoreo consumen entre 10 y 13 kg MS<sup>-1</sup> animal<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup>, pero debido al desbalance nutricional de los pastos, no necesariamente cubren las demandas de

nutrientes de los animales. En una amplia revisión realizada por Ramírez (2014), se concluye que las GPD fueron mejoradas por la suplementación con fuentes proteicas, posiblemente por los efectos de la proteína sobrepasante y un mejor balance de la relación proteína / energía.

## 2.6 Edad

Es importante tener en cuenta la edad de los animales y no solo el peso vivo para determinar el momento del sacrificio, pues es sabido que conforme aumenta esta, se pierde solubilidad del colágeno, lo que incrementa de dureza de la carne, de acuerdo a lo que sostienen Rubio et al (2013) y Teira (2004).

En explotaciones de engorde que no son de ciclo completo, la edad de los animales se puede determinar por cronología dentaria, para programar mejor los animales a cosecha y garantizar, en cierta medida, la terneza de la carne, pues conforme aumenta la edad. La terneza tiende a disminuir, Soria y Corva (2004).

## 2.7 Ultrasonografía

El ultrasonido es una herramienta que permite medir varios componentes anatómicos bovinos en animales en pie, como el espesor de la grasa en la grupa o "Rump Fat", área del ojo del lomo, profundidad del musculo *Longissimus dorsi lumbarum*, entre el *Biceps femoris* y el *Gluteus medius* y marmoleo, útiles para estimar la calidad de la canal y seleccionar los animales con mejor eficiencia en la transformación de los alimentos y su incorporación como músculo y grasa, escogencia de reproductores con estas características, formación de grupos homogéneos de animales con características fenotípicas similares y predecir el tiempo que necesitan los animales para alcanzar el peso, la grasa y el volumen muscular apropiados para cumplir con las necesidades del mercado, (Vásquez *et al* 2005).

## 2.8 Calidad de la canal

La calidad de la canal depende de diversos factores como la condición sexual, la alimentación de los animales, el manejo en corral, el transporte y la manipulación en la planta de cosecha, entre otros. Algunos indicadores de la calidad de la canal comprenden el rendimiento del peso vivo con respecto al peso de la canal caliente, la madurez cronológica, espesor de la grasa dorsal, marmoleo, muscularidad, cobertura y color de la grasa y pH *post mortem* a las 24 horas.

Para Mach *et al* (2010), la mejora en la calidad de la canal y la carne asociada a la castración, se relaciona con una reducción en los expurgos o desechos de la canal, un aumento de la cobertura de grasa, la pigmentación cromática y la terneza de la carne.

### 2.8.1 Estimulación eléctrica

De acuerdo con Ramírez (2014), la estimulación eléctrica se utiliza para favorecer el drenado de la sangre, disminuir pérdidas de peso *post mortem* cuando a las canales se les baja la temperatura drásticamente para su almacenamiento y mejorar la terneza y el color de la carne. Teira (2004), sostiene que con la técnica se estimula el glicólisis anaeróbico, consumiendo el adenosín trifosfato (ATP) disponible en el músculo, lo que lleva al agotamiento de las reservas de energía y se incrementa la tasa de descenso de pH de la canal.

Soria y Corva (2004) y Teira (2004), indican que el brusco descenso del pH, ayuda a que el *rigor mortis* se dé de manera temprana, liberando calcio intracelular lo que activa las calpaínas y aceleran el proceso de proteólisis. Por otro lado, Crouse *et al* (1989), encontró un descenso en la fuerza de corte de la carne de canales a las que se les sometió a estimulación eléctrica, entre 2 y 2,5 kg fuerza.

Según Franco *et al* (2008), esta es una técnica de bajo costo para mejorar terneza y maduración, para canales que son sometidas a períodos cortos de maduración las provenientes de animales que, por genética, tienden a producir carnes más duras (Crouse *et al* 1989).

### 2.8.2 Peso de la canal

De acuerdo con Brito *et al* (2006), el peso de la canal representa la cantidad total de producto disponible y se asocia a la cantidad de carne que se obtenga de esta, además influye sobre el tamaño de los cortes que serán producidos y la eficiencia de producción. Sostiene, además, que las canales demasiado grandes o pequeñas comprometen la calidad, asociada a la manipulación, tamaño de la caja de empaque y altura de los rieles para el procesado. Según lo afirmado por Rubio *et al* (2013), el peso de la canal caliente es importante tenerlo en cuenta, pues el rendimiento en canal se puede ver influenciado por factores como la edad, raza, sistema de alimentación, transporte y método de sacrificio. Dice además que el peso de la canal caliente se obtiene después de degollar, eviscerar, descuerar, retirar cabeza a nivel de la articulación atlanto-occipital, además de las extremidades a nivel de la articulación carpo-metacarpiana y tarso –metatarsiana, así como la cola en la tercera vertebra caudal, justo antes de ser puesta la canal en refrigeración y el peso de la canal fría se obtiene después de refrigerarla de 4 a 5 °C, durante 24 horas, esperándose una merma de 1-2 % por refrigeración.

### 2.8.3 Rendimiento en canal

Aranda *et al* (2010), sostiene que el rendimiento en canal es la relación existente entre el peso de la canal en el momento del sacrificio y el peso vivo de la misma con doce horas de ayuno previas a la toma del peso y al aumentar el peso de la canal caliente, el grado de rendimiento también aumenta.

Por su parte, Riaño y Sierra (2007), indican que el rendimiento en canal se obtiene al restarle del peso vivo del animal, el peso de la sangre, piel, vísceras, cabeza y patas. Sin embargo, deben quedar adheridos a la res y se consideran como parte del rendimiento neto, el diafragma, los riñones, la grasa perirrenal, la grasa de la pelvis y la grasa del escroto. Matemáticamente el rendimiento neto, se puede obtener mediante la fórmula;  $R = (\text{Peso en canal} / \text{Peso vivo}) * 100$ . En diferentes revisiones, Riaño y Sierra (2007), encontraron que los rendimientos en canal de

novillos Cebú y sus cruces con razas criollas colombianas estaban del orden de 61,21 y 63,03%, con un promedio general de 59,63%.

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

El área del ojo del lomo (AOL) se mide a la altura de la 12° y 13° costilla, en un corte transversal del músculo *Longissimus dorsi lumbarum* utilizando patrones plásticos en pulgadas o centímetros cuadrados. Esta medida es muy importante pues mientras más grande sea el AOL, mayor será la cantidad de músculo que rendirá la canal y se asocia al peso de los cortes comerciales más caros, (Rubio *et al* 2013).

#### 2.8.5 Rendimiento canal/carne

Moreno (2002) y Brito *et al* (2006), indican que el rendimiento canal/carne es el que determina el valor de la misma y representa la cantidad de músculo, grasa y hueso disponibles.

Según Riaño y Sierra (2007), al evaluar una canal teniendo en cuenta el criterio cuantitativo, se debe basar en el cálculo de las porciones de músculo, grasa y hueso, ya que, al presentarse una alta porción de uno de ellos, habrá disminución de uno de los otros o de ambos. Algunos valores de rendimiento canal/carne de Brahman y sus cruces con diversas razas europeas, fueron producto de un estudio de las mismas autoras, donde encontraron que fluctuaban en un rango entre 70,89 y 75,48%, con un promedio de 70,79%.

#### 2.8.6 Grasa perirrenal

De acuerdo a Brito *et al* (2006), la grasa se debe tener en cuenta al momento de clasificar canales. Los depósitos de esta, más fácilmente medibles, son la subcutánea y la visceral, siendo esta última, la que se encuentra directa e indirectamente relacionada con la cantidad de grasa que será recortada durante el despiece cuando se preparan cortes y se asocia, además, con la cantidad de grasa intermuscular. Afirma igualmente, que la cantidad de grasa visceral se determina subjetivamente como un porcentaje del peso de la canal (Fig. 2) y se encuentra negativamente correlacionada con el rendimiento cárnico final de la canal. Este tipo

de grasa representa entre el 1 y 5% del peso de la canal fría. Diversos estudios demuestran que los novillos depositan más cantidad de grasa en la canal, que los animales enteros, (Huerta-Leidenz *et al.* 1991; Huerta-Leidenz y Ríos 2000; Brito *et al.* 2006).

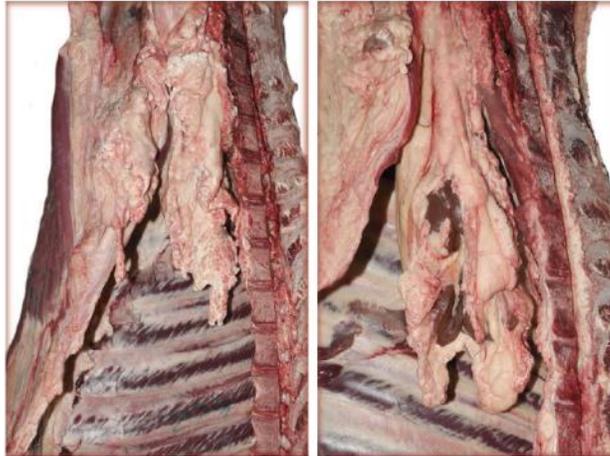


Figura 2. Grasa visceral en canal vacuna. Fuente: Brito *et al.* 2006.

#### 2.8.7 Espesor de grasa

El espesor o grosor de grasa es el depósito de grasa que recubre la canal y también se asocia a la cantidad de grasas que será retirada de los cortes de primera y segunda, durante el deshuese. Este se mide con una regla y se expresa en mm, en un corte transversal de la canal, que se hace a nivel de la 12° y 13° costilla,

Según Huerta-Ledeinz (2002), al aumentar el grosor de la grasa dorsal en el *Longissimus dorsi*, el % de rendimiento de los cortes disminuye, aunque las canales desprovistas de grasa tienden a ser más afectadas por el “Cold Shortening” o acortamiento por frío.

Fiems *et al.* (2000), afirman que una reducción de grasa de la canal, es deseable por razones económicas pues la deposición de grasa requiere de más energía que la de proteína y el exceso es eliminado durante el deshuese del animal, sin embargo, depende del nicho de mercado, se requiere que al menos una parte de esa grasa esté presente.

Zimerman (2008), sostiene que el estado de cobertura de la canal depende de la precocidad y rusticidad del animal, pues mientras más rústico y precoz, va a tener un mayor grado de engrasamiento, cuya función es protegerlo contra el frío. Igualmente, brinda protección a la canal contra los cambios bruscos de temperatura, con el propósito de evitar el acortamiento de las fibras musculares, representando un efecto positivo en la calidad de la carne, según reportes revisados por Rodríguez (2014) y Ramírez (2014).

### 2.8.8 Conformación muscular

La conformación muestra el desarrollo de las masas musculares de la canal y es una estimación de la cantidad de carne con respecto al hueso, o sea el rendimiento en carne que pudiera esperarse de una canal, (Brito *et al* 2006).

La conformación muscular que se busca es de canales que presenten perfiles convexos antes que planos o cóncavos y que predominen siluetas anchas y redondeadas, (La calidad de la carne bovina, s.f.; Rubio *et al* 2013). Según Rodríguez (2010), aunque la medición es subjetiva y debe hacerse por personal entrenado, es de suma importancia como indicador del rendimiento de la canal a carne; dice que se buscan canales compactas, que no sean flojas ni angulosas, que sean gruesas, con lomos y costillar “llenos”, paletas gruesas y pescuezos y piernas cortos (Fig.3).

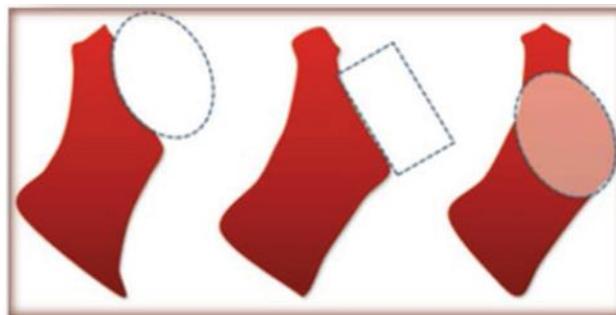


Figura 3. Conformación muscular de la canal (cóncavo, recto, convexo). Fuente: Rubio *et al* 2013.

### 2.8.9 Marmoleo

Para Rubio *et al* (2013), el marmoleo es un reflejo del porcentaje de grasa intramuscular (medido químicamente en el laboratorio) y se estima subjetivamente con la ayuda de estándares fotográficos. Es la grasa contenida en las fibras musculares, visible como pecas de diferentes tamaños y es la característica de mayor interés a la hora de clasificar canales en países como Estados Unidos y Canadá, según U.S. Meat Export Federation (1999), para lo cual, la Federación estableció un patrón fotográfico con diez grados de marmoleo. La Figura 4, muestra los seis más comunes.

Elizalde (2002) y Contreras (2005), indican que el ganado alimentado con raciones ricas en energía, deposita grasa más temprano que el que es alimentado con raciones bajas en esta, aun cuando los animales sean evaluados a un mismo peso vivo.

La grasa aumenta con niveles altos de energía en la dieta, pero también su incremento está determinado por la raza, ya que las precoces tienen mayor habilidad para depositar grasa a una edad más temprana. Las diferencias reportadas entre razas con respecto al total de carne aprovechable se deben principalmente a las variaciones en la adiposidad tanto entre razas, como dentro de la misma raza y están generalmente asociadas con el peso adulto; mientras más alto es este, mayor es el peso que se obtiene antes de empezar a acumularse grasa; por lo que la selección para reducir grasa a un peso determinado, se puede realizar escogiendo animales de madurez tardía, los cuales tienen pesos adultos más altos. El peso post destete y las características que determinan la calidad de la canal, tienen una heredabilidad media a alta, por lo que el potencial genético, para estas características, puede ser mejorado con toros altamente seleccionados. Los cruzamientos entre *Bos Taurus* y *Bos indicus*, generalmente presentan un decrecimiento del marmóreo, a medida que el porcentaje de *Bos indicus* se incrementa, Riaño y Sierra (2007).

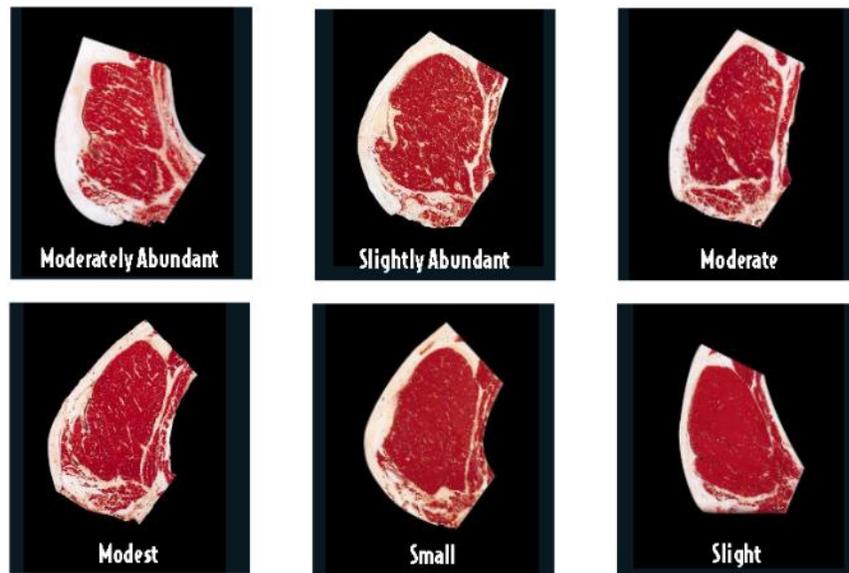


Figura 4. Grados de calidad de marmoleo Fuente: U.S. Meat Export Federation 1999.

#### 2.8.10 Longitud de la canal

La longitud de la canal es la distancia en centímetros, comprendida desde la parte anterior de la sínfisis isquiopubiana, hasta el borde externo de la parte media de la primera costilla, medida en línea recta, sobre la canal izquierda fría, (Rubio *et al* 2013). Los instrumentos de medición son la cinta métrica o el bastón de Aparicio o forcípulas. Con los datos obtenidos se puede calcular el índice de compacidad de la canal (peso frío/longitud de la canal).

#### 2.9 Calidad de la carne.

No hay una definición universal de la calidad de la carne, ya que esta depende de diversas circunstancias tales como la ubicación en el tiempo, el lugar, los mercados, las personas, los sectores sociales, las pautas culturales y su finalidad. De acuerdo a esto, la calidad del ganado vivo, su canal y su carne, depende del grado en que

posea ciertos atributos o características que lo hagan apto para satisfacer determinadas necesidades de uso, (Garriz 2001; Bavera 2005),

Para el ganadero la calidad reside en que el animal crezca rápido, con eficiencia de consumo y conversión alimenticia para producir por unidad de tiempo, superficie, capital invertido, etc., mucho músculo, poco hueso en relación al músculo y óptima cantidad de grasa. La industria frigorífica la entiende como el rendimiento en canal óptimo para ese tipo de animal, un máximo de músculo, mínimo de hueso y un grado de terminación o engrasamiento correcto. Además, son muy importantes las condiciones de manejo de los animales durante el transporte, comercialización, faenado con descanso previo y el manejo y conservación de las canales y cortes. Los consumidores entienden como calidad de la carne sus características organolépticas; al comprarla, su buen color, aspecto, textura, consistencia, troceo, envasado y conservación y al comerla, su buen aroma, sabor, jugosidad y ternura, (Garriz 2001; Bavera 2005),

Según Depetri y Santini (2005) y Rodríguez (2010), la calidad de la carne bovina puede definirse como el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento, que permiten brindar al consumidor un producto diferenciado que satisface sus expectativas.

En Costa Rica, según un estudio elaborado por la Corporación de Fomento Ganadero, CORFOGA (2002), el 85% de la población nacional consume carne de res habitualmente, en estado fresco (95% de los consumidores) donde las preferencias con relación a la grasa establecen que el 53.68% la prefiere con poca grasa y el 41.31% magra. De acuerdo al lugar de preferencia de compra como carnicerías, supermercados y otros establecimientos, la razón principal para adquirirla fue la calidad (32.29%, 32.5% y 24.62% respectivamente) con respecto a otras variables como cercanía, precio, confianza, higiene, etc. El parámetro de calidad más utilizado por el consumidor fue el color (32.13%) que no sea pálido ni muy intenso, seguido por la presentación (19.37%), suavidad (17.79%) y el olor

(15.38%) principalmente. Finalmente, el 75.95% de los consumidores de carne de res, lo hacen como parte de su alimentación diaria.

### 2.9.1 Factores que afectan la calidad de la carne

La calidad de la carne bovina se puede analizar a partir de factores biológicos y tecnológicos. Dentro de los biológicos están la edad, sexo y la raza. Los factores tecnológicos contemplan la elección del tipo de animal según las condiciones ambientales del lugar de producción; condiciones y tipo de mercado a abastecer; infraestructura; prácticas de manejo entre las que se encuentran la castración, descorne, marcación, y todas aquellas que tiendan a reducir el estrés del animal; peso de terminación o faena; precocidad de la raza; nivel y tipo de alimentación, Depetris (2000). Por otro lado, Huerta y Ríos (2000) y Rodríguez (2010), reportan tres categorías asociadas a la calidad de la carne; a) la calidad sensorial, medidas por sus características organolépticas tales como terneza, color, sabor y jugosidad; b) la calidad nutricional, dictada mayormente por la composición química y c) la calidad higiénico-sanitaria o seguridad del alimento.

Las diferencias de calidad de carne vinculadas con la edad del animal, se deben a cambios profundos en la composición y características de los músculos. La terneza y la jugosidad disminuyen a medida que aumenta la edad, debido a que hay una mayor reticularidad del colágeno presente, que lo hace más insoluble, (Terneza 1998; IPCVA 2015); por otro lado, la intensidad del color intensidad del color y el sabor, combinación de aroma y sabor, está, vinculados a una mayor edad del animal, debido a mayor tasa de acumulación de mioglobina y al aumento de la grasa intramuscular, respectivamente. La conformación de la res está igualmente influenciada por este factor, de tal manera que a medida que pasa el tiempo, va adquiriendo demasiada profundidad de tórax, lo que genera una proporción de cortes menos valiosos, como son los del cuarto delantero. El sexo y la categoría afectan la terneza, donde la carne de toro es más dura que la de novillo y esta, más dura que la de hembras. La caída post mortem del pH dentro del músculo, es mucho más lenta en machos enteros que en hembras, ocupando los novillos una posición

intermedia, lo que explica que, a la misma edad, la coloración de la carne de toro sea más oscura, (Depetris 2000; Koohmaraie *et al* 2000; Garriz 2001).

### 2.9.2 Terneza o resistencia al corte

Alvarez y Moreira (2002), argumentan que la terneza o dureza de la carne está influenciada por las proteínas del músculo, básicamente las del tejido conectivo (colágeno, elastina, reticulina y mucopolisacárido de la matriz), las miofibrilares (actina, miosina y tropomiosina) y las del sarcoplasma.

Koohmaraie *et al* (2000), aseguran que la terneza es producto de la proteólisis *postmortem*, degradación de las proteínas estructurales del músculo por acción de enzimas endógenas, es responsable de la terneza y es por eso que la carne se somete a un proceso de maduración.

Mach *et al* (2010), establecen que la terneza de la carne como parámetro de calidad, depende de factores externos relacionados con el período presacrificio (alimentación, ganancia media diaria y edad al sacrificio), el período *postmortem* (maduración y cocción de la carne) y de factores intrínsecos del músculo (cantidad de tejido conectivo, grasa intramuscular, pH y tipo de fibras musculares).

De acuerdo con Judge *et al* (1989), citados por Rodríguez (2010), entre los atributos que más influyen en la satisfacción del consumidor, destacan la suavidad (terneza), jugosidad y el sabor de la carne cocida. De estos tres factores, la terneza constituye el parámetro más importante con que el consumidor juzga la calidad de la carne (Shackelford *et al* 1995; Shackelford *et al* 1997; Huerta 2002; Teira 2004; Rodríguez 2010).

El “Lancombe Research Center”, instituto canadiense de investigación, demostró que los consumidores, además de quedar satisfechos, volverían a comprar en el mismo lugar si tuvieran la certeza del grado de terneza, (Álvarez y Moreira 2002).

Una muestra de carne puede ser considerada tierna cuando la resistencia ofrecida a la fuerza de la cizalla es inferior a 6 kg. La proteólisis post mortem, es responsable de la ternura y es el motivo por el cual la carne es sometida a un proceso de maduración, (Álvarez y Moreira 2002; Teira 2004). Se sabe que la predominancia de sangre cebú resulta en una carne más dura, debido a una menor respuesta al proceso de maduración, porque en estas razas existe una mayor actividad de la calpastatina que bloquea la acción de las enzimas calpaínas (Pringle *et al* 1997).

La suavidad de la carne cocida puede ser medida mediante panel sensorial o mecánicamente por Warner Blatzler Shear Force (WBSF). Warner-Bratzler shear force evalúa la suavidad de la carne, mediante la medición de la cantidad de fuerza en kilogramos, para cortar una muestra cilíndrica de 1/2 pulgada de diámetro (AMSA, 1995). Shakelford *et al.* (1995), reportaron una alta correlación ( $r=.70$ ) cuando evaluó suavidad mediante panel sensorial y Warner-Bratzler que es una medida aceptada y altamente efectiva para predecir la suavidad y aceptabilidad de la carne por los consumidores.

## 2.10 Maduración de la carne

La maduración es una técnica utilizada popularmente para mejorar la ternura de la carne. Esta se puede hacer “en húmedo”, empacada al vacío o “en seco”, sin empaque, para permitir que ocurra una degradación de las fibras musculares, debido a la pérdida de integridad de los sarcómeros en la línea Z (Smith *et al.*, 2008). La proteólisis *post mortem* de la proteína miofibrilar, lleva a la fragmentación de las miofibrillas siendo la principal causa del mejoramiento en la suavidad de la carne y el sistema de calpaína, el cual consiste en dos enzimas Ca-dependientes ( $\mu$ -calpain y m-calpain, y un inhibidor, la calpastatina), es el principal sistema proteolítico enzimático relacionado con la “tenderización” *post mortem* de la carne madura (Koochmaraie *et al.*, 2000).

## 2.10 Ganado *Bos indicus*.

El ganado *Bos indicus* o Cebú, posee características que lo hacen ideal para la producción de carne en el trópico, debido a su adaptabilidad a las altas temperaturas, resistencia a parásitos y enfermedades. Por otro lado, también presenta características poco deseables su alto nerviosismo, baja fertilidad, elevada edad a la pubertad y al sacrificio, su baja calidad de la canal y carne. Además de esto, ha mostrado ser una excelente opción para utilizarlo en cruzamientos y aprovechar el vigor híbrido de las crías generadas, donde la producción media de estas, sobrepasa la producción individual de sus progenitores bajo las mismas condiciones. Los esquemas de cruzamiento y selección aprovechan la complementariedad de las razas, o sea, una combinación adecuada de características controladas por genes no aditivos y se ha encontrado que la mayor heterosis se logra cruzando animales *Bos taurus* y *Bos indicus* que *Bos taurus* y *Bos Taurus*, (Guerra *et al.* 2013). Por otro lado, Pringle *et al.* (1997), encontraron mayor porcentaje de rendimiento en canal para *Bos taurus* que en *Bos indicus*. Además, concluyeron que el grosor de la cobertura de grasa fue mayor para *Bos taurus* que para *Bos indicus* y que el porcentaje de grasa pélvica, en riñones y corazón, no fueron diferentes entre los grupos estudiados. Crouse *et al.* (1989) y Koch *et al.* (1982), sostienen que el ganado *Bos Taurus* presenta más marmoleo (grasa intramuscular) en la carne que el *Bos indicus* y que en la medida en que aumente la proporción de este último en un cruce, el marmoleo disminuye. Para Marshall (2008), Las posibles causas de una mayor dureza de la carne del *Bos indicus* comparada con la del *Bos Taurus*, son el grado de “marmoleo”, la cantidad de tejido conectivo resistente a calor y diferencias enzimáticas responsables de la degradación de la proteína miofibrilar, e igualmente, las carnes obtenidas de animales cruzados con *B. indicus*, resultaron ser más duras, o sea, experimentan una mayor fuerza de corte WBSF; que las de animales *B. Taurus* puros. De la misma manera, para Whipple *et al.* (1990), el incremento en la actividad de la calpastatina a las 24 h *post mortem*, es el mayor responsable de las diferencias en suavidad de la carne entre *B. indicus* y *B. Taurus* y los mayores niveles de calpastatina, se han

asociado con mayores porcentajes de sangre Brahman, lo que ejerce una limitada “tenderización” de la carne *post mortem*, debido al bloqueo del proceso natural de “tenderización” por la  $\mu$ -calpaina (Pringle *et al.*, 1997).

## 3 Objetivos

### 3.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de la castración y la pseudocastración con elastrador al nacimiento, sobre el desempeño productivo, características de la canal y la terneza de la carne, utilizando animales cebú comercial.

### 3.2 Objetivos Específicos

- Comparar la velocidad de crecimiento de los animales considerados en el experimento, de acuerdo a los diferentes tratamientos.
- Realizar mediciones entre tratamientos por medio de ultrasonido, del área del ojo del lomo, profundidad del musculo, espesor de grasa dorsal y marmoleo antes del sacrificio, para su posterior correlación.
- Determinar la calidad de la canal de acuerdo a variaciones biométricas en la conformación y tamaño de la canal, área del área del ojo del lomo, la relación de cobertura y coloración de la grasa y rendimiento en canal.
- Determinar la calidad de la carne, midiendo la resistencia al corte o terneza, fresca y madurada durante 14 días, según clasificación Warner-Bratzler, del músculo *Longissimus dorsi lumbarum*.
- Observar el comportamiento (mansedumbre) de los animales, asociado a la práctica de castración, en campo y en corral.

## **4 Materiales y Métodos**

### **4.1 Localización**

La investigación se desarrolló en la finca La Vega, propiedad del Instituto Tecnológico de Costa Rica, ubicada en la Vega, distrito de Florencia, cantón San Carlos, provincia de Alajuela, Costa Rica, 10° 25' 19" N y 84° 31' 19" O; a una altura de 85 m.s.n.m; con una temperatura media general de 26°C ± 5°; precipitación anual promedio es de 3450 mm.; humedad relativa media es de 85% y topografía plana.

### **4.2 Tratamientos**

Se emplearon tres tratamientos a saber:

- Tratamiento 1 (T1): machos castrados al nacimiento (C).
- Tratamiento 2 (T2): machos pseudocastrados al nacimiento (P).
- Tratamiento 3 (T3): machos enteros (control) (E).

### **4.3 Unidades experimentales**

Se utilizaron machos cebú comercial nacidos en la finca La Vega durante el período de nacimientos del 2012, a los que se les realizaron las siguientes prácticas:

- Se asignaron los terneros a cada tratamiento, de acuerdo al orden de nacimiento, comenzando por el T1, seguido del T2 y finalizando con el T3, para reiniciar un nuevo ciclo hasta completar las unidades experimentales para cada uno. El número de animales por tratamiento fue de 10, 10 y 11 respectivamente para el T1, T2 y T3.

- Al momento del nacimiento, se identificaron mediante tatuaje y se colocó un arete con la numeración rutinaria de la finca; se pesaron y se aplicó el tratamiento según correspondía (Fig. 5.)



Figura 5. Identificación de los terneros al nacimiento. Fuente: Cardona 2014.

- Para el T1 (castración completa) (C), se colocó el anillo de goma en la región proximal de la bolsa testicular, para eliminar escroto y testículos de manera definitiva y se procedió según lo mostrado en las Figuras 6 y 7.

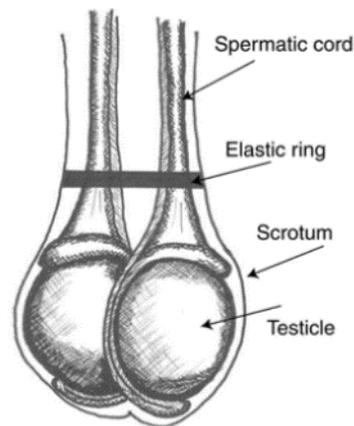


Figura 6. Posición del anillo de goma del elastrador en la castración completa. Fuente: Anderson 2007.



Figura 7. Proceso de castración con elastrador al nacimiento. Fuente: Cardona 2014.

Para el T2 (pseudocastración) (P), el anillo de goma se colocó en la región proximal de la bolsa testicular, para eliminar de manera definitiva el escroto, dejando los testículos en cavidad abdominal (Figs. 8 y 9).

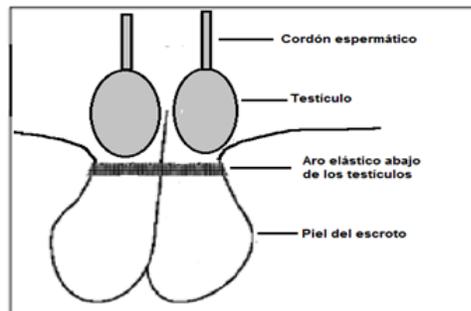


Figura 8. Colocación del anillo de goma del elastrador en pseudocastración. Fuente: Bavera y Peñafort, (2006), adaptado por Cardona, (2011).



Figura 9. Colocación del anillo de goma del elastrador en pseudocastración al T2. Fuente: Bavera y Peñafort, (2006), adaptado por Cardona, (2011).

- El T3, correspondió a animales sin castrar (control), (E).
- Se hizo una revisión frecuente de los animales para verificar el buen estado y desarrollo de la práctica de castración y pseudocastración, hasta su cicatrización completa (10 a 12 días) (Fig.10)



Figura 10. Cicatrización 10 días después de aplicar la técnica del elastrador.  
Fuente: Cardona 2014.

- Se colocó un bolo intra-ruminal de identificación electrónica, al destete, en todos los animales.
- Del total de animales seleccionados para la investigación, murieron tres: el 3025 por un ataque de Fasciola hepática el 26 de Julio, pese a que los animales se desparasitan para tal efecto, el 3024 por causa desconocida el 15 de octubre y el 3045 por mordedura de serpiente el 9 de agosto del 2014. El 2957 se quedó huérfano el 5 de junio, por lo tanto, se descartó; así como el 3051, el 10 de septiembre, que presentó retraso muy marcado en el crecimiento por efecto de la madre (enfermó, perdió condición corporal y mermó considerablemente la producción de leche). De los cinco animales muertos y descartados, dos eran del T3 y tres del T2, quedando al final diez animales para el T1, nueve para el T2 y 7 para el T3, para un total de 26 unidades experimentales.

#### 4.4 Toma de datos

Se hicieron pesajes de todos los animales utilizando una romana electrónica (Tru-Test XR-3000, Asunción, Paraguay) (Fig.11), de la siguiente manera:

- Al nacimiento y cada mes hasta el destete a los nueve meses de edad.
- A partir del destete se tomaron pesos y se ajustaron a los 11, 12, 15, 18, 21, 22 y 24 meses y a partir de aquí, cada mes hasta los 30 meses, momento del sacrificio.
- El ajuste se hizo por fecha y por edad de la madre al momento del parto, (Castro 2009; Ibarra 2011; Briones 2013).

$$\text{Peso ajustado a x días} = \frac{\text{Peso tomado} - \text{Peso al nacimiento}}{\text{Nº de días al momento de pesar}} * \text{x días de ajuste} + \text{Peso al nacimiento}$$



Figura 11. Pesaje de los animales con romana electrónica Tru-Test XR-3000.  
Fuente: Cardona 2014.

#### 4.5 Manejo Animal.

Los animales del experimento eran propiedad del ITCR y fueron manejados en la finca La Vega, con los procedimientos nutricionales, sanitarios y otras prácticas zootécnicas, realizados rutinariamente en la finca, bajo la supervisión de los investigadores y debidamente registrados.

#### 4.6 Raza

Se utilizaron animales  $\frac{3}{4}$  Brahman y  $\frac{1}{4}$  Charolaise, nacidos en la finca La Vega, propiedad del ITCR.

#### 4.7 Alimentación

La alimentación se programó de para que estuviera basada en pastoreo, utilizando pasturas de pasto Ratana (*Ischaemum indicum*) hasta el destete. Posterior al destete y hasta los 18 meses, los animales serían mantenidos en repastos compuestos por *Brachiaria brizantha*, cultivar Toledo. La fase de finalización se haría en repastos de Estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) y Tanner (*Brachiaria radicans*) y en esta última fase se proveería un alimento energético. La suplementación mineral sería suministrada *ad libitum* durante todas las etapas del desarrollo y finalización de los animales. Sin embargo, por decisión de la Administración de la finca, los animales no fueron separados de los demás, sino que se manejaron en lotes grandes, junto con los otros del hato. Las vacas paridas del experimento estaban en un solo lote con el resto de vacas paridas de la finca y experimentaron restricciones alimenticias, lo que retrasó el destete. Así mismo, los terneros destetados se enviaron al lote de “desarrollo” cuyo número de animales era de alrededor de 147, con pesos que oscilaban entre los 200 y 500 kg. Debido a esto y a efectos climáticos de sequía, los terneros sufrieron restricción alimenticia que se manifestó en un retraso del crecimiento, lo que obligó a posponer el sacrificio. Pese a que se les brindó suplementación con desecho de piña y Citrocom (suplemento energético, Dos Pinos, Alajuela, Costa Rica) a razón de dos sacos de 46 kg día<sup>-1</sup> para todo el lote, pero los terneros del ensayo no tenían suficiente acceso al alimento, por competencia con los animales de mayor peso.

Cuando alcanzaron 400 kilos de peso vivo aproximadamente, se llevaron al sector de ceba, donde se dividieron en dos lotes de 13 animales cada uno, repartidos al azar de tal modo que en cada lote quedarán los tres tratamientos. Los animales se

pastorearon de forma rotacional, con un período de ocupación de tres días y uno de descanso de 25 a 30 días (Fig.12).



Figura 12. Croquis de los potreros del módulo de engorde en la Finca La Vega, TEC-SSC y sus respectivas áreas. Fuente: Rodríguez 2014.

Este sector posee un módulo de comederos individuales donde se les suplementó un alimento para ceba, elaborado en la planta de concentrados del TEC-SSC, según la fórmula que abajo descrita. A cada animal se le suministró dos kg día<sup>-1</sup> durante toda la etapa de engorde (Fig.13). La fórmula se presenta en el Cuadro 1.



Figura 13. Comederos en el módulo de engorde. Fuente: Cardona y Rodríguez 2014.

## Cuadro 1. Fórmula del alimento utilizado durante el período de engorde (25 – 30 meses).

27/06/2014

Resultados

Ration Mix

Cliente: JCCA

cod: 2

Formula: Castracion

Observacion: 0

Cantidad:

Precio \$197,69

Cod	Ingrediente	Precio	100 Result.	420 Peso
18	Caña de Azúcar Melaza	\$103,00	10,0000	42,0000
30	Cítricos Pulpa	\$166,94	30,0000	126,0000
145	Premix Mineral	\$1.520,00	0,2500	1,0500
109	Carbonato Calcítico	\$80,53	3,6000	15,1200
113	Sal Común	\$121,00	0,5000	2,1000
147	DDG	\$249,20	20,0000	84,0000
148	Grasa sobrepaso	\$534,22	3,6500	15,3300
149	Acemite	\$224,66	10,0000	42,0000
150	Harina de coquito	\$173,65	22,0000	92,4000

Nutriente	Unidad	Resultado
1 Materia Seca	%	88,2331
2 Proteína Bruta (PB)	%	12,6020
130 Proteína sobrepaso	%	18,9000
126 ED ganado	Mcal/kg	3,2000
128 EN m	Mcal/kg	1,1350
129 EN g	Mcal/kg	0,7700
11 Fibra Bruta (FB)	%	11,0200
5 Grasa	%	8,5875
12 FDN	%	26,4000
13 FDA	%	14,6000
20 Cenizas	%	5,9749
68 Ca	%	2,4885
69 PT	%	4,8990

### 4.8 Sanidad

Los animales experimentales recibieron el manejo sanitario convencional (vacunaciones, desparasitaciones, etc.), según el programa establecido en la finca.

### 4.9 Evaluación ante mortem

Se realizó en finca, previo a la salida para la planta de cosecha y se utilizó un equipo de ultrasonido ultrasonido Aloka SSD 500 (Japón) y software de la universidad de Kansas (Kansas State University, USA), con el que se registraron los siguientes aspectos: profundidad del músculo y espesor de la grasa dorsal en milímetros y marmoleo.

Para realizar esta actividad, los animales se inmovilizaron en una prensa por seguridad de los mismos y los operarios. Para analizar cada animal, se le limpiaba

la región del lomo entre la 12° y 13° costilla y allí se efectuaban las mediciones (Fig. 14).



Figura 14. Ultrasonografía *ante mortem* y pesaje. Fuente: Cardona 2014.

Se tuvo en cuenta, además: peso vivo de salida de la finca, hora de salida, hora de llegada a la planta, tiempo de reposo en corrales, peso vivo en planta (identificados por arete de finca y número de canal asignado al ingresar a la línea de producción).

#### 4.10 Evaluación de la canal

Los animales se cosecharon hasta los 30 meses de edad, en la planta de Coopemontecillos, Alajuela, Costa Rica. La Vicerrectoría de Investigación y Extensión del TEC asumió el costo de las muestras de carne para la evaluación de la ternera.

Antes del sacrificio, pasaron por un ayuno de 20 horas, donde solo se les suministró agua a voluntad. En los corrales se separaron por tratamiento, para ser procesados consecutivamente (Figs 15 y 16).



Figura 15. Ganado en los corrales de la planta Coopemontecillos, separados por tratamiento (Testito, Castrado y Pseudocastrado). Fuente: Cardona 2014.



Figura 16. Estimulación eléctrica y faenado del ganado. Fuente: Cardona 2014.

Los datos de pesos, rendimiento, mermas, calificaciones, grasa y dentadura, los suministró la planta; el peso de los testículos, la longitud de la canal, AOL, marmoleo y espesor de grasa dorsal o grasa de cobertura, los midió el investigador con ayuda de colaboradores.

Se evaluaron las características de la canal bajo los siguientes aspectos para cada animal (Figuras 17, 18 y 19):

- Peso en pie en planta.
- Peso de la canal caliente.
- Rendimiento pie/canal.
- Calificación de la canal.
- Dentición por cronometría dentaria.
- Peso de la grasa perirrenal / cardial.
- Evaluación de la conformación muscular y la grasa de cobertura.

- Peso de la canal fría.
- Merma canal caliente – fría.
- Largo de la canal.
- Área del ojo del lomo.
- Marmoleo
- Grasa de cobertura.



Figura 17. Medición del grosor de la grasa de cobertura. Fuente: Cardona (2014).

La medición de la grasa de cobertura se determinó por medio de una regleta graduada en milímetros, diseñada para tal fin, haciéndose la medición en el tercer cuarto distal del corte transversal del *Longissimus dorsi*, entre la XII y XIII costilla. De igual manera, para tomar la medida del AOL, se utilizó una plantilla plástica transparente, graduada con cuadros de un centímetro cuadrado, que se superpone en el mismo músculo, en el mismo corte realizado para medir la grasa de cobertura; se hace la sumatoria de los cuadros que se vean “llenos” con el músculo y de los que tienen más del 50% de “llenado”, resultando el área en centímetros cuadrados. Por su parte, la longitud de la canal se mide desde la punta caudal del Isquion (hueso de la cadera), a la punta craneal del esternón, con la ayuda de una cinta métrica, graduada en centímetros.



Figura 18. Medición del área del ojo del lomo. Fuente: Cardona, 2014.



Figura 19. Medición de la longitud de la canal. Fuente: Cardona, 2014.

La conformación muscular y la cobertura de grasa, las evaluó el personal de la planta de cosecha, siguiendo el patrón para la clasificación de canales propuesto por la Corporación Ganadera (CORFOGA, 2002) (Fig.20 y 21).

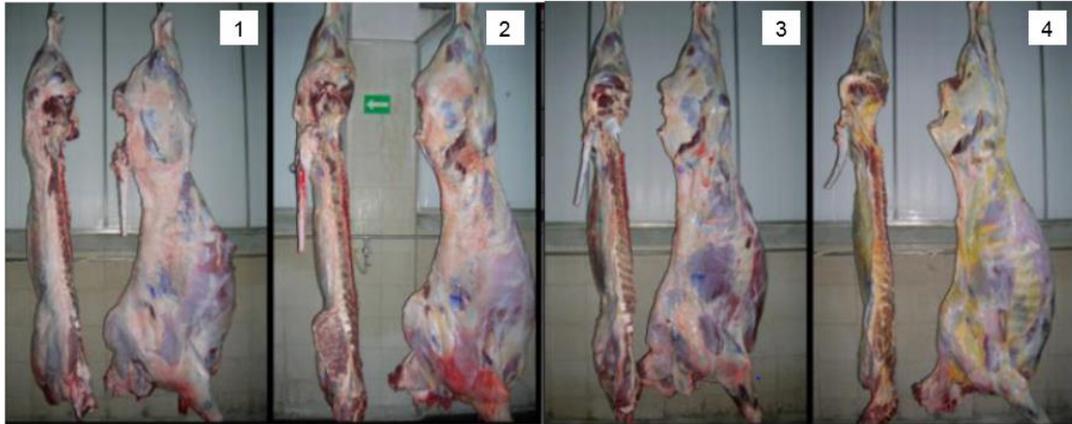


Figura 20. Clasificación de canales según grado de musculatura. 1) Perfil convexo-rectilíneo. Amplitud en ambos cuartos y lomo prominente. 2) Perfil rectilíneo. Amplitud de ambos cuartos, costillar y lomo “llenos”. 3) Perfil cóncavo. Descarnadas, escasa amplitud, costillas marcadas. 4) Perfil cóncavo-ultra cóncavo. Descarnadas y angulosas. Fuente: CORFOGA.



Figura 21. Clasificación de canales según los grados de cobertura de grasa. 1) Sin presencia de grasa. 2) Grasa distribuida parcialmente en la canal, grosor de no más de 1 cm. 3) Amplia distribución, grosor de más de 1 cm. Fuente: CORFOGA 2002.

Así mismo, el personal la planta, le dio una calificación a la canal de acuerdo a criterios de calidad teniendo en cuenta la muscularidad y la cobertura de grasa, entre otras; dicha calificación se da en letras (A, AA, AAA), donde AAA es la mejor. Para efectos de la evaluación de este parámetro, se homologaron las letras con números: A = 1, AA = 2 y AAA = 3.

De acuerdo al patrón gráfico de los grados de calidad por marmoleo de la carne, U.S. Meat Export Federation (1999), se estableció una calificación numérica para realizar el análisis de esta variable, donde la inexistencia de marmoleo equivale a 0, Slight a 1, Small a 2, Modest a 3 y así sucesivamente.

El pH de las canales con electrodo de aguja, no se pudo medir pues se dañó el instrumento al inicio de la medición y no fue posible conseguir otro de reemplazo. La temperatura de las cámaras donde se almacenaron las canales, era de 0 °C.

#### 4.11 Evaluación de la ternura de la carne

Se sacó una muestra de dos kg aproximadamente, del lomo ancho derecho de cada canal (*Longissimus dorsi lumbarum*), debidamente identificadas, empacadas y conservadas en una hielera con hielo picado, para ser trasladadas al Laboratorio Nacional de la Carne en el TEC-SSC (Fig.22).

Una vez ingresadas las muestras el laboratorio, se procedió a preparar en “steaks” o filetes cada uno de los músculos, de acuerdo a las recomendaciones de AMSA (1995).

De cada músculo se sacaron cuatro filetes, dejando por fuera los de los bordes; se randomizaron y se seleccionaron dos para cada tiempo de maduración, identificándolos A2 y B2 para los de dos días de maduración y A14 y B14, para los de 14 días de maduración. Las muestras de carne se empacaron el vacío en una Multivac A200/15 (Multivac, Kansas City., MO) y se almacenaron en una cámara fría (Refrigeration Panels, Inc., Miami, FL) a cuatro grados Celsius, donde se dejaron madurar por dos y catorce días para su respectiva evaluación de fuerza de corte.



Figura 22. Preparación de las muestras de músculo (*Longissimus dorsi lumbarum*).  
Fuente: Cardona, 2014

Una vez ingresadas las muestras el laboratorio, se procedió a preparar en “steaks” o filetes cada uno de los músculos, de acuerdo a las recomendaciones de AMSA (1995).

De cada músculo se sacaron cuatro filetes, dejando por fuera los de los bordes; se randomizaron y se seleccionaron dos para cada tiempo de maduración, identificándolos A2 y B2 para los de dos días de maduración y A14 y B14, para los de 14 días de maduración. Las muestras de carne se empacaron el vacío en una Multivac A200/15 (Multivac, Kansas City., MO) y se almacenaron en una cámara fría (Refrigeration Panels, Inc., Miami, FL) a cuatro grados Celsius, donde se dejaron madurar por dos y catorce días para su respectiva evaluación de fuerza de corte.

Las muestras de carne fueron representativas del producto y los bistecs se seleccionaron aleatoriamente para ser imparciales. Los filetes se cortaron con un grosor de 2,54 cm. AMSA (1995) recomienda congelar para almacenamiento por no más de seis meses, a una temperatura de -18 °C si las mediciones no se realizan inmediatamente, o colocarse en cámaras a 4 °C para maduración y posterior evaluación (Fig.23).



Figura 23. Preparación de las muestras de carne para análisis de ternesa.  
Fuente: Cardona, 2014.

El proceso de cocción de los filetes para la evaluación de fuerza de corte, se realizó en un horno de convección eléctrico (Vulcan-Hart Co., Louisville, KY) donde se monitoreó la temperatura de cocción, mediante la inserción de termocuplas de alambre de cobre o hierro, con un diámetro  $< 0.05$  cm y limitante especial de error de  $< 2$  °C, a lo largo del filete, para registrar su temperatura interna al momento de la cocción. Las termocuplas se conectaron a una grabadora multicanal de temperatura, de lectura rápida y movimiento entre canales Barnant (692-0000 Benchtop, Barrington, IL), para la cocción de varios cortes al mismo tiempo. Por cada bandeja se colocaron seis filetes con sus respectivas termocuplas y en el horno se colocaron dos bandejas.

Para el asado de las muestras se precalentó el horno a 163 °C; se introdujeron los filetes en las bandejas de cocción y se monitoreó hasta que alcanzaron 50 °C, momento en que se voltearon, para retirarse luego del horno, cuando llegaron a 70 °C; cada filete se monitoreó individualmente. De cada muestra se tomó el peso crudo, el peso cocido y se procedió a calcular la merma en gramos y porcentaje ( Fig.24).



Figura 24. Cocción de las muestras de carne para análisis de terneza.  
Fuente: Cardona, 2014.

Por medio de un taladro eléctrico, con un dispositivo especial, se sacaron los cilindros necesarios para la medición de fuerza de corte. Cada cilindro tenía 1,27cm de diámetro y fueron removidos en paralelo a la orientación longitudinal de la fibra del músculo. Se sacaron entre seis y diez cilindros por filete y se descartaron aquellos que eran desuniformes y con tejido conectivo evidente. Los cilindros se agruparon por filete en estricto orden, pasaron por la cizalla del equipo Warner-Bratzler Shear Force (WBSF) y se consignaron los datos en un registro para tal fin.

La terneza de la carne se midió con el equipo Dillon Quantrol (Dillon/Quality Plus Inc, Kansas City, MO) con acople de cuchilla en forma de V para fuerza de corte Warner-Bratzler Shear Force (G-H Manufacturing CO., Manhattan, KS), expresada en lb o kg, (Rodríguez 2010) (Fig. 25).



Figura 25. Medición de terneza por fuerza de corte Warner – Bratzler, del *Longissimus dorsi lumbarum*. Fuente: Cardona, 2014

La observación del comportamiento animal, se llevó a cabo tanto en el potrero, como en el corral al momento del pesaje, identificando nerviosismo, agresividad con otros animales o manifestaciones de libido.

#### 4.12 Diseño Experimental y Análisis de datos

Se empleó el diseño experimental completamente al azar, con tres tratamientos y diez repeticiones para los tratamientos T1 y T2 y once para el tratamiento T3, o sea, 31 unidades experimentales totales.

El modelo lineal es:

$$Y_{ij} = \mu + \zeta_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde  $Y_{ij}$  = Variable de respuesta

$\mu$  = Media general

$\zeta_i$  = Efecto del tratamiento  $i$ ésimo ( $i = 1, 2, 3$ )

$\varepsilon_{ij}$  = Error experimental

Los datos fueron sometidos a una evaluación exploratoria mediante el análisis de correlación de Pearson. Posteriormente, se ejecutó un análisis de varianza de efectos fijos para cada variable estudiada mediante el procedimiento Modelos Lineales Generales. Se aplicó la prueba de comparación múltiple de Bonferroni para identificar las diferencias entre tratamientos, con un nivel de significancia del 0.05. Todos los análisis se ejecutaron con el programa estadístico InfoStat/P (Di Rienzo et al. 2014).

El comportamiento de los animales se observó en campo y en corral y se tomó nota de la condición sexual de aquellos que eran más nerviosos, que trataban de montar a otros o peleadores.

## 5 Resultados y Discusión

### 5.1 Crecimiento

El Cuadro 2 muestra los pesos ajustados de los animales desde el nacimiento hasta los 30 meses, en etapas claves de su desarrollo. De los 21 a los 25 meses todos los animales sufrieron una restricción alimenticia debido a efectos climáticos, que provocó una disminución de la oferta forrajera general de la finca y pese a que el lote de animales de desarrollo se suplementó con piña y Citrocom®, por ser un grupo tan grande y de pesos tan variados (200 – 500 kg), los más pesados evitaron que los demás consumieran alimento, causando una caída en el peso, retraso en el crecimiento y evitando que los animales expresaran su potencial de crecimiento.

Cuadro 2. Medias y Error estándar de los pesos de los tratamientos Castrados (C), Pseudocastrados (P) y Testigos (T), desde el nacimiento hasta los 30 meses (900 días)

		Tratamientos					
		C		P		T	
		Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
Pesos (kg)	Nacimiento	44,00	2.49	49,00	1.78	42,33	2.38
	Destete	223,23	8.17	225,43	9.35	228,12	9.02
	21 meses	367,98	12.70	384,33	12.01	361,96	12.65
	25 meses	393,11	10.35	398,13	12.51	382,92	13.94
	30 meses	518,73	14.56	558,08	10.85	528,91	11.35

En ninguna de las etapas se presentaron diferencias significativas del peso entre los tres tratamientos ( $p > 0,05$ ), lo que significa que aún en la época de restricción alimenticia, los tres grupos afrontaron de manera similar la situación. Sin embargo, existe una tendencia de los testigos a mantener un peso más elevado que los demás tratamientos, hasta el destete, (Fig. 26). Posteriormente, son los pseudocastrados los que llevan la delantera y permanecen así hasta la edad al sacrificio (Fig. 27).

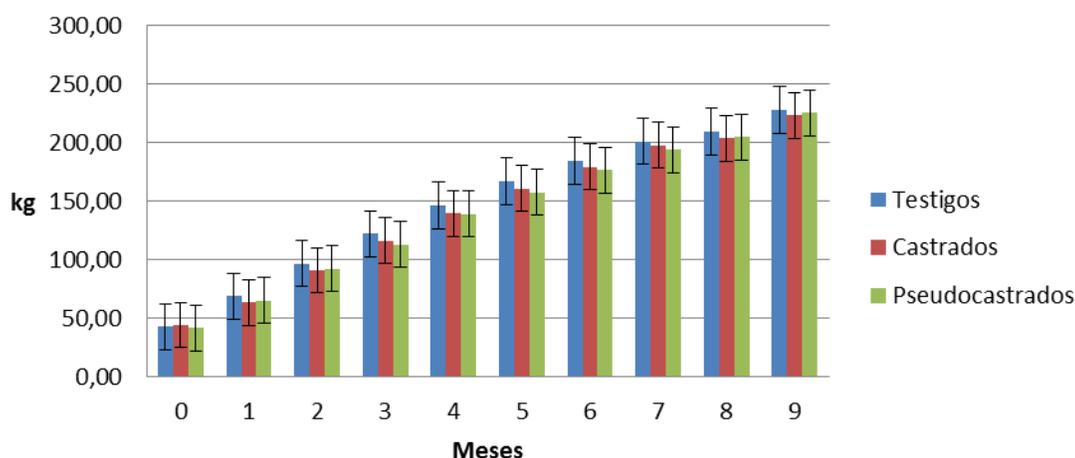


Figura 26. Control de peso de terneros cebú comercial para cada tratamiento (sin castrar, castrados total y pseudocastrados con elastrador al nacimiento), desde el nacimiento hasta los 9 meses (270 días) (datos ajustados).

En cuanto a la ganancia de peso, no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos del nacimiento al destete, del destete a los 21 meses, ni de los 21 a los 25 meses ( $p > 0,05$ ), sin embargo, de los 25 a los 30 meses, período de ceba con suplementación de alimento concentrado, sí se encontraron diferencias entre la ganancia media diaria de los T1 (castrados, C) y T2 (pseudocastrados, P) (837 y 1.066 g día<sup>-1</sup> respectivamente) ( $p < 0,05$ ); entre los T3 (testigos, T) y los T1 no se hallaron diferencias ni entre los T3 y T2 ( $p > 0,05$ ), (Cuadro 3, Anexo A1). Este comportamiento puede ser explicado porque en esta etapa, los animales pudieron expresar su potencial de producción, al no tener competencia con un número mayor de animales y de pesos tan disímiles como los que se encontraban en la etapa de desarrollo, como se mencionó arriba. El período de los 21 a los 25 meses de edad de los animales, coincidió con la época de verano fuerte y una restricción forrajera para todos los animales.

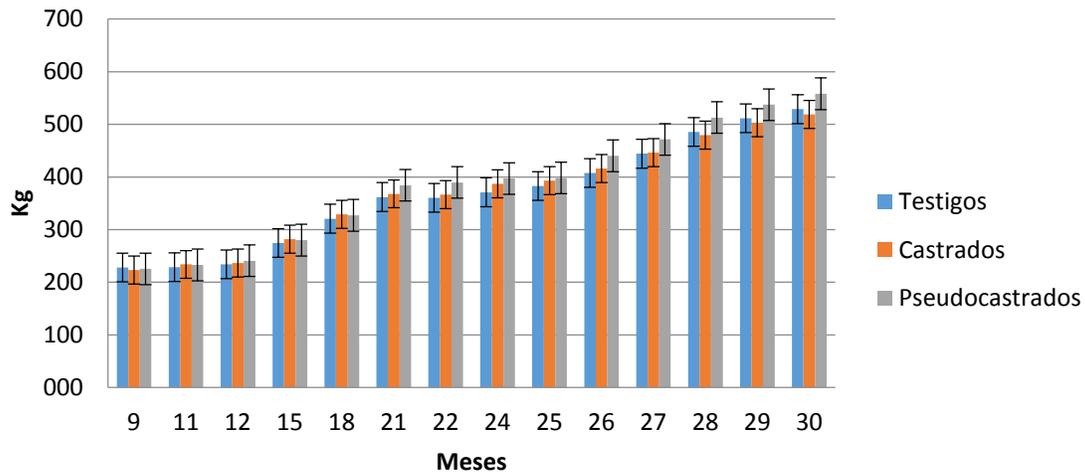


Figura 27. Control de peso de bovinos cebú comercial para cada tratamiento (sin castrar, castrado total y pseudocastrado con elastrador al nacimiento), desde el destete hasta los 30 meses (900 días) (datos ajustados).

Lo anterior concuerda con lo reportado por Rodríguez (2010), en un trabajo realizado con animales y condiciones similares, donde el estado sexual de castrado o entero, no tuvo influencia en el peso final de los animales, peso de la canal y merma de peso finca – planta de cosecha, no encontrándose diferencia significativa entre tratamientos.

Los pseudocastrados tienen la ventaja de que, además de mostrar un comportamiento más tranquilo que los machos enteros, similar a los novillos o castrados totalmente, las gónadas siguen produciendo andrógenos pese a que se atrofian por la temperatura corporal, lo que contribuye a un mejorar la ganancia de peso. El comportamiento de los animales enteros es más competitivo debido a la libido y competencia normal de machos, influenciada por las gónadas, lo que ocasiona un gasto extra de energía.

Cuadro 3. Ganancia de peso diaria (g día<sup>-1</sup>) en ceba, de los 25 a los 30 meses de edad. Medias ajustadas y errores estándares para cada tratamiento.

Ganancias de Peso Diario (GPD)										
Tratamiento	GPD predtt (g) 0 - 9 M (270 d)		GPD postdtt (g) 9 - 21 M (630 d)		GPD postdtt (g) 21 - 25 M (750 d)		GPD ceba (g) 25 - 30 M (900 d)		GPD total (g) 0 - 30 M (900 d)	
	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.	Media	E.E.
C	664	28	469	21	209	43	837 B	47	527	14
P	681	36	528	18	115	72	1.066 A	44	574	13
T	688	30	477	14	175	31	973 A B	58	541	12

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

En un trabajo de Savastano (2000) para determinar el efecto de la castración sobre el desempeño productivo de los animales y las características de la canal, encontró que la castración no afectó el crecimiento de los mismos ( $p > 0,05$ ), pero sí el peso, el rendimiento y la calidad de la canal.

Por otro lado, Huerta-Leidenz *et al* (1991), trabajando con animales enteros (*te*), con escroto corto o pseudocastrados (*tp*) y castrados totales (*tc*), para determinar crecimiento y calidad de canal bajo condiciones de pastoreo en animales mestizos, encontraron que los animales de los grupos *te* y *tp* superaron a los del grupo *tc* en todos los parámetros de crecimiento y fueron más jóvenes al sacrificio, y concluyeron que la pseudocastración puede ser utilizada para la producción de machos estériles con rápido crecimiento y canales magras. Así mismo, Glimp *et al* (1971) y Albaugh *et al* (1975), citados por el mismo autor, encontraron que los animales de escroto corto tienen un comportamiento similar a los animales enteros en cuanto a tasa de crecimiento. Igualmente cita a Wilson *et al* (1974), que informaron de un comportamiento productivo similar entre animales castrados y con

escroto corto hasta el destete a los 190 días, y a partir de allí hasta los 402 días, los animales enteros y de escroto corto, fueron superiores a los castrados.

Barría (1979) realizó un trabajo con animales enteros, castrados y criptórcidos inducidos o pseudocastrados en ganado Overo Negro Europeo, con el propósito de conocer el efecto de los tratamientos sobre la ganancia de peso. Los resultados indicaron un mayor peso en favor de los terneros criptórcidos del orden del 2,35% y 5,84% con respecto a los animales enteros y castrados respectivamente, sin embargo, luego del análisis estadístico, tampoco encontraron diferencias significativas entre tratamientos. Otro estudio llevado a cabo con animales Charolaise y Nelore por Restle *et al* (2000), comparando animales enteros y castrados, mostró que los primeros alcanzaron mayor peso al sacrificio y de canal, así como porcentaje de muscularidad y un cuarto delantero más desarrollado que los novillos. Del mismo modo, Gauttier (2003), encontró que no hubo diferencia significativa ( $p = 0,10$ ) entre grupos de animales castrados y sin castrar, en un estudio llevado a cabo con animales cruzados Nelore con Simenthal, Limousin y Brangus. En Costa Rica, Rodríguez, (2014), en un trabajo realizado con animales machos cruzados 3/4 Brahman 1/4 Charolaise, encontró que la condición sexual (castrados, enteros), no afectó el peso vivo, de la canal caliente y del cuero, resultando en porcentajes similares de merma finca – planta de cosecha, rendimiento en canal y cuero. Por otra parte, en el presente estudio se encontró que para todos los tratamientos existía una alta correlación positiva ( $r$ ) entre el peso al destete y la ganancia diaria de peso predestete ( $p < 0.05$ ) ( $C = 0,95$ ;  $P = 0,93$ ;  $T = 0,97$ ), siendo esta última, altamente influenciada por la habilidad materna. Así mismo, el peso a los 900 días estuvo altamente correlacionado con la ganancia de peso total ( $p < 0.05$ ) ( $C = 0,98$ ;  $P = 0,95$ ;  $T = 0,97$ ), donde el desempeño individual de cada animal, es el responsable de la respuesta del mismo, postdestete.

## 5.2 Evaluación *ante mortem*

De acuerdo a los datos obtenidos de los animales vivos antes de la cosecha por medio de ultrasonido, el análisis de varianza reveló que no existieron diferencias

significativas ( $p > 0,05$ ) entre tratamientos, para las características evaluadas (grasa dorsal, marmoleo y profundidad del músculo *Longissimus dorsi lumbarum*).

Al momento de sacrificio, los animales presentaban un promedio de 30,8, 30,9 y 31,1 meses de edad para los tratamientos T1, T2 y T3 respectivamente, así como una mediana de dos dientes para los mismos tratamientos, lo que concuerda con la edad cronológica, según lo indicado por Luz (2011).

Aunque los pesos en pie en finca de los tres tratamientos no presentaron diferencias como ya se mencionó, sí hubo una diferencia al menos al 92% de confiabilidad ( $p = 0,08$ ), mostrando una tendencia de los pseudocastrados (T2) a ser superiores en esta variable. Los pesos en pie en la planta de cosecha, de cada uno de los tratamientos, presentaron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,05$ ) entre el T1 y T2 (488,45 kg vs. 530,64 kg); el T3 se mantuvo en una posición intermedia (502,83), no presentando diferencia estadística, con los demás tratamientos, Cuadro 4, Anexo A1; así mismo, las pérdidas de peso en pie finca – planta o porcentaje de merma, no presentaron diferencias al 95% de confiabilidad, pero sigue existiendo una leve diferencia en favor de los pseudocastrados, que explicaría el peso en pie en la planta de cosecha, donde sí hubo registros estadísticamente diferentes, pudiendo representar una diferencia económica en favor de los pseudocastrados (T2), benéfica para el productor. Al momento de la cosecha y con el tipo de cambio del Colón por cada Dólar de 540, 54 colones (Tipo de cambio 2016), el precio del kilo en pie del ganado macho era de U\$1,94 (CORFOGA 2016). Si se tiene en cuenta que la diferencia en el peso en pie en planta entre los T2 y T3 fue de 27, 81 kilos y entre los T2 y T1 fue de 42,19, lo que representa una diferencia de U\$ 53,95 y U\$ 81,85, promedio por animal para cada diferencia entre tratamientos, siguiendo el mismo orden. Si se toma en cuenta que el flete promedio comercial de un camión de 15 animales de la finca a la planta de cosecha vale alrededor de 250 dólares y por lo tanto a cada animal le corresponde un importe de U\$16.6, sigue siendo atractiva esta diferencia para el ganadero, pues cubriría dicho flete y sobraría dinero para otras cosas.

### 5.3 Calidad de la canal

De las variables estudiadas en canal, solamente se encontraron diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0,05$ ), para el peso de la canal caliente, rendimiento en canal, peso de la canal fría, el contenido de grasa perirrenal y la calificación numérica de calidad de canal. El resto de características evaluadas no mostraron diferencias entre tratamientos ( $p > 0,05$ ), (peso en pie en finca, % merma peso en finca – peso en planta, calificación de muscularidad, % merma canal caliente – canal fría, longitud de la canal, grasa de cobertura, área del ojo del lomo y marmoleo (Cuadro 4, Anexo A1, Anexo A2, Anexo A3).

Los testículos de los animales enteros y pseudocastrados se pesaron al momento del sacrificio (0,93 vs 0,47 kg promedio respectivamente) y se corroboró que la temperatura corporal afectó negativamente el desarrollo de las gónadas de los animales pseudocastrados, lo que coincide con lo reportado por Savastano (2000), pero no suprime totalmente la producción de hormonas masculinas, que favorecen el desempeño productivo del animal, sin mostrar actividad sexual ni características sexuales secundarias.

Así como el peso en pie en planta de cosecha fue mayor y diferente estadísticamente para el T2 (pseudocastrados), el peso de la canal caliente y el rendimiento en canal, fueron mayores para el mismo tratamiento, con diferencias al 95% de confianza con respecto al T1, pero no así con el T3, que se comportó similar a los otros dos. Una posible explicación de esto es la relación que existe entre el rendimiento y la muscularidad, utilizando el área del AOL como indicador. En este caso el T2 alcanzó una mayor AOL (121,57 cm<sup>2</sup>) con respecto al T3 (115,67 cm<sup>2</sup>) y T1 (109,50 cm<sup>2</sup>). Así mismo, un factor que podría estar jugando otro papel en esto, puede ser el hecho de que los animales castrados presentaron un mayor contenido de grasa perirrenal, superior a nivel estadístico con respecto a los otros dos grupos de animales, lo que representa un mayor desecho al momento de “limpiar” la canal, bajando el rendimiento en canal con respecto al peso vivo en planta.

Cuadro 4. Medias ajustadas de las diferentes variables de calidad de canal, *ante y post mortem*, para cada tratamiento.

	Tratamiento	C		P		T		
		Media	EE	Media	EE	Media	EE	
Características de canal	<i>Ante mortem</i>	Grasa Dorsal (mm)	4,91	0.41	4,22	0.43	3,84	0.28
		Marmoleo	2,43	0.16	2,73	0.20	2,94	0.16
		Profundidad Muscular (Lomo) (mm)	51,66	5.26	60,57	0.78	60,56	1.35
		Peso en pie finca (kg)	526,50	14.22	565,71	9.75	542,11	14.18
		Peso en pie planta (kg)	488,45 B	13.16	530,64 A	7.66	502,83 A B	13.17
		Merma finca - planta (%)	7,22	0.33	6,17	0.45	7,24	0.31
	<i>Post mortem</i>	Peso canal caliente (kg)	279,95 B	8.98	314,36 A	3.84	291,97 A B	6.82
		Rendimiento pie/canal (%)	57,30 B	0.54	59,29 A	0.29	58,22 A B	0.64
		Calificación canal (numérica) AAA = 3, AA = 2, A = 1	1.80 B	0.13	2.57 A	0.15	2,00 B	0.13
		Conformación Muscular (1, 2, 3) (mejor = 1)	2,00	0.21	1.00	0.20	2,00	0.24
		Grasa perirrenal (kg)	8,30 A	0.62	5,71 B	0.36	5.89 B	0.56
		Peso canal fría (kg)	278,70 B	8.91	312,71 A	3.70	290,44 B	6.70
		Merma canal caliente – fría (%)	0,42	0.16	0,56	0.18	0,58	0.17
		Longitud canal (cm)	179,20	2.29	177,14	1.10	177,00	1.85
		Grasa cobertura (mm)	4,40	0.98	2,86	0.46	2,00	0.53
		Área del Ojo del Lomo (AOL) (cm <sup>2</sup> )	109,50	3.54	121,57	6.63	115,67	3.37
		Marmoleo post mortem (numérico)	0,60	0.16	0,29	0.18	0,22	0.15

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Las mermas de peso de las canales caliente – fría, estuvieron en un nivel inferior al reportado en la literatura como ideal para las canales bovinas de 1 a 2%, en un lapso de 25 a 58 horas posterior al sacrificio, según lo indican Rubio *et al.* (2013). Los valores encontrados oscilaron entre 0,42 y 0,58%. Esto contribuyó a que los pesos de las canales frías se mantuvieran en proporciones similares a las canales calientes, presentando diferencias a un valor de  $p < 0,05$ , en favor de los pseudocastrados o T2, con respecto a los demás tratamientos, lo que es esperable

Por otro lado, el T2 (pseudocastrados), obtuvo la mejor calificación numérica de la canal, siendo estadísticamente diferente con respecto a los otros dos tratamientos (T2 (P) = 2,57; T1 (C) = 1,80; T3 (T) = 2.00). Esta calificación se dio de acuerdo a la conformación muscular y grasa de cobertura, que si bien no presentaron diferencias estadísticas con los demás tratamientos, los animales del T2 mostraron una tendencia a ser mejores en ambas características con respecto a los T1 y el menos en una a los T3 (Cuadro 4, Anexo A2).

Gauttier (2003) reporta en un trabajo con machos enteros y castrados, no hubo diferencia significativa en el peso en finca y el rendimiento en canal para los tratamientos. Las canales de los machos enteros tuvieron una mejor conformación y mayor porcentaje de tren anterior, así como mayores pesos de las canales calientes y frías, que las mismas en los animales castrados. Por otro lado, no hubo diferencias significativas en cuanto a la longitud de la canal, de la pierna, del brazo, área del ojo del lomo y espesor de la grasa de cobertura entre los dos grupos de canales. Por su parte Rastle *et al* (2000), encontraron que machos enteros fueron superiores en el peso de faena, peso de canal, porcentaje de tren anterior, porcentaje de músculo y conformación, mientras que los castrados presentaron un mayor valor de espesor de grasa dorsal y perirrenal.

Gauttier (2003), Savastano (2000), Varela *et al* (2003), Bavera y Peñafort (2006), Mach *et al* (2010), Ockerman *et al* (1984), Morgan *et al* (1993), entre otros, han reportado en sus trabajos que la práctica de castración mejora las características de la canal y las cualidades organolépticas de la carne, y pese a que los animales castrados presentan una ganancia de peso inferior a los enteros, depositan una

mayor proporción de carne en el tren posterior, donde están los cortes más valiosos. La mansedumbre y el fácil manejo en corral, igualmente favorecen la calidad de la canal al haber menos incidencia de golpes y traumas antes del faenado, (Frandsen 1976; Mc Donald 1978; Savastano 2000; Bretschneider 2005; Mach *et al* 2010).

#### 5.4 Terneza de la carne

En el Cuadro 5, se muestran los resultados obtenidos en el presente trabajo, con respecto a la terneza de la carne, determinada mediante la medición de la fuerza de corte Warner Blatzer Shear Force (WBSF), donde se nota que a los dos días *post mortem*, existen diferencias entre tratamientos, de las muestras del *Longissimus dorsi lumbarum*, siendo los pseudocastrados (P), los que presentan el menor valor (9,57 kg) y los enteros o testigos (T) los del mayor valor (11,53 kg), mientras que los castrados (C) están en un punto intermedio entre los dos anteriores (10,69 kg). Sin embargo, a los 14 días de maduración, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para la misma variable. Rodríguez (2010), en un estudio con animales y condiciones similares en Costa Rica encontró que a los dos días *post mortem*, la fuerza de corte WBSF para el *Longissimus lumbarum* fue de 10.1 kg para los animales castrados a los 3 meses de edad, mientras que para los machos enteros fue de 10.5 kg, no existiendo diferencia significativa; por el contrario, a los 14 días de maduración de la carne, el grupo de los castrados obtuvo un valor de 8.7 kg de fuerza de corte y el de los enteros, de 10.5 kg, existiendo en esta ocasión, diferencia significativa entre tratamientos.

A los 14 días de maduración, el porcentaje de merma de peso por cocción de los filetes, fue estadísticamente diferente para los castrados, que presentaron un valor menor que los enteros y los pseudocastrados (25,78% contra 30,44% y 30,29%), Anexo A4. Rodríguez (2010) por su parte, encontró que las pérdidas de humedad de los cortes del *Longissimus lumbarum* por cocción, no fueron afectadas por la condición sexual, castrado – entero, alcanzando valores de 26.6% y 28.3% respectivamente.

Contrario a esto último, Costa *et al* (2007), estudiando el efecto de castración sobre la calidad de carne de bovinos cruzados Nelore-Simental, encontró que los

castrados, a diferencia de los enteros, presentaron una carne significativamente más suave, más grasosa y con mayor pérdida por goteamiento de grasa durante la cocción. Por su parte, Rodríguez *et al* (2014), encontraron que la proporción de pérdidas de líquidos de los filetes aumentó en la medida en que aumentaban los días de maduración ( $P < 0.05$ ) y los filetes con maduraciones de 14 días presentaron mayores pérdidas por cocción y de humedad total ( $P < 0.05$ ), que filetes con 7 y 28 días de maduración. Diversos estudios revisados por Rodríguez (2010), coinciden en que las pérdidas de líquidos de los cortes de carne, incrementan con el período de almacenamiento. A su vez, las canales con más grasa de cobertura presentan menores pérdidas, pues esta se comporta como una barrera protectora contra el frío. Además, Huff-Lonergan y Lonergan (2005), sostienen que el proceso de maduración de la carne puede causar cambios en la estructura y funcionalidad de la proteína, resultando en una modificación de la habilidad de la carne para retener humedad.

Shackelford *et al* (1997), señalan que una muestra de carne puede considerarse tierna cuando la fuerza de corte de la cizalla WB es inferior a 6 kg; cuando presenta valores entre 6 y 9 sería de dureza intermedia y con valores de 9 kg o superiores, se considera dura. Para Sullivan y Calkins (2007), un músculo suave debe estar por debajo de 8.58 lb WBSF, intermedio entre 8.58 y 10.12lb y por encima de 1.012 lb, se considera dura. Por otra parte, Pringle *et al* 1997, sostienen que la carne de animales cebú, presentan una carne más dura, debido a una menor respuesta al proceso de maduración por una mayor actividad de la calpastatina, que bloquea la acción de las enzimas calpaínas, tiolproteasas calcio dependientes, que efectúan una proteólisis muscular, favoreciendo la ternura de la carne (Chacón, 2004). La testosterona sérica muestra un incremento lineal en toros desde los 7 hasta los 13 meses de edad y se considera que esta estimula la síntesis de colágeno, provocando la acumulación de grandes cantidades de colágeno intramuscular, a diferencia de los animales castrados, (Lunstra *et al* 1978, Gerrard *et al* 1987, Casas *et al* 2007, Perry *et al* 2008). Igualmente, Gerrard *et al* (1987) encontraron que la testosterona presente en los toros juega un papel importante en la velocidad del incremento de la estabilidad térmica del colágeno, lo que deprime la tasa de

degradación de este durante la maduración de la carne, no así en los animales castrados.

Cuadro 5. Medias de las mermas durante la cocción y la fuerza de corte Warner Blatzer (WB) kg en dos períodos de maduración del *Longissimus dorsi lumbarum*, para los tres tratamientos: Testigos (T), Castrados (C) y Pseudocastrados (P).

Maduración (d)	Variable	Tratamientos					
		T		C		P	
		Media	EE	Media	EE	Media	EE
2	Promedio peso filete crudo (g)	218,06	6.88	193,25	6.53	216,07	7.80
	Promedio peso filete cocido (g)	147,78	5.79	137,75	5.5	156,43	6.57
	Promedio de merma por cocción (%)	32,20	1.25	28,48	1.19	27,71	1.42
	Promedio fuerza de corte WBSF (kg)	11,53 A	0.44	10,69 A B	0.73	9,57 B	0.60
14	Promedio peso filete crudo (g)	213,06	6.56	196,75	6.22	214,29	7.44
	Promedio peso filete cocido (g)	148,06	5.13	145,75	4.87	149,64	5.82
	Promedio de merma por cocción (%)	30,44 A	0.97	25,78 B	0.92	30,29 A	1.10
	Promedio fuerza de corte WBSF (kg)	8,89	0.54	8.20	0.59	7.86	0.70

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Álvarez y Moreira (2002), determinaron que la fuerza de corte de cizalla WBSF para medir terniza, fue disminuyendo conforme fue aumentando el período de maduración de la carne, lo que coincide con lo encontrado en este trabajo en los dos tiempos de maduración estudiados. También concuerdan en que los biotipos

raciales *Bos taurus*, presentan en la mayoría de los casos, valores de fuerza de corte por debajo de los 6 kg, a diferencia de los *Bos indicus*, pues manifiestan una elevada actividad del inhibidor enzimático calpastatina. Rodríguez *et al* (2014), encontraron que no había diferencias significativas en terneza de la carne medida por WBSF y con 2, 7 y 14 días de maduración, para machos enteros y castrados a diferentes edades. Sin embargo, a partir de 14 días de maduración de la carne, existió una tendencia a de los animales castrados a los tres meses de edad, a presentar mayor terneza de la carne, que los animales enteros. Las mediciones se realizaron entre otros, en el músculo *Longissimus lumbarum*. También encontraron que la carne madurada 28 días, de animales castrados a los tres y siete meses de edad, tuvo menores valores WBSF (más terneza;  $P < 0.05$ ), que la carne de animales enteros con igual tiempo de maduración de la carne.

Okerman *et al* (1984), estudiaron el efecto de la castración sobre las características de la canal, la carne y las fibras musculares de bovinos machos Angus y encontraron que los enteros, en comparación con los castrados, presentaron canales mayores, cuartos traseros más grandes y mayor área del ojo del lomo (AOL), mientras que los castrados mostraron mayor marmoleo, grado de calidad y espesor de grasa dorsal, así como un menor diámetro de fibras del músculo *Longissimus dorsi*. La carne de los castrados y los enteros tuvo valores aceptables de terneza, succulencia e intensidad de sabor, siendo esta última característica, la única con diferencia significativa entre los dos tratamientos.

La maduración de la carne produce un aumento de la terneza debido a un aumento de la proteólisis muscular. Morgan *et al* (1993), encontraron que la terneza de la carne en los animales castrados fue superior que en el control, debido a un mayor índice de proteólisis durante los primeros siete días *postmortem*, y de la misma manera, Purchas *et al* (2002), indicaron que la carne de los animales castrados presentó mayor terneza que la de los enteros, debido a una mayor proteólisis muscular y un mayor contenido de grasa intramuscular.

Morón-Fuenmayor *et al* (2010), trabajando con animales enteros, castrados y pseudocastrados tardíamente (368 kg), encontraron diferencias altamente

significativas en cuanto a la fuerza de corte WBSF de la carne en crudo y cocido. La carne cruda de los animales castrados necesitó 0,485 kg-F más que la de los enteros y pseudocastrados para romper la fibra muscular, pero cuando se evaluó la carne cocida a 70 °C, se encontró un efecto inverso, donde los enteros y los pseudocastrados requirieron 1,43<sup>o</sup> kg-F más que el novillo para romper la fibra, encontrándose los pseudocastrados en una posición intermedia entre los enteros y los castrados. La razón de esto, dicen, pudiera deberse a la mayor complejidad del tejido conectivo en cuanto a solubilidad, a la concentración de testosterona y a la calpastatina en sus músculos.

Santini *et al*, (2003), sostienen que la suplementación de concentrados con granos de cereales en animales en pastoreo durante la etapa de terminación o ceba, permite almacenar reservas de glucógeno suficientes como para lograr descensos adecuados de pH en la carne luego de la faena, que incide en la calidad de la misma, asociada con la terneza, el color, la conservación, la maduración y su capacidad de retención de agua. Desafortunadamente, en el presente trabajo no se logró medir el pH de la canal, debido a un daño accidental del equipo al momento de la medición y la imposibilidad de reemplazarlo.

## 5.5 Comportamiento

Con respecto al comportamiento de los animales en el corral y en el potrero, se pudo observar que en general, los animales castrados y los pseudocastrados, eran menos nerviosos al momento de los pesajes. De igual manera, en el potrero y comederos de suplemento, mostraron comportamientos más calmados; los animales enteros presentaron libido, lo que hacía que trataran de montar a otros animales. De acuerdo a Morón *et al*. (2010), la castración reduce la agresividad del animal y mejora la calidad de la carne y como consecuencia, los novillos usualmente tienen mayor valor comercial que los toros. Rodríguez (2010), sostiene que en climas tropicales y subtropicales, en donde la humedad y la temperatura son altas, creando condiciones ideales para enfermedades y parásitos, la castración reduce la agresividad del ganado y ayuda a mejorar la calidad de la carne, sobre todo con

las razas *Bos indicus* que son más agresivas que las *Bos taurus*; por esta razón, la castración temprana podría ser útil como práctica de manejo.

## 6 CONCLUSIONES

1. Bajo las condiciones en las que se realizó este trabajo, la condición sexual de los machos utilizados: castrados, pseudocastrados o enteros, no afectó significativamente el crecimiento de los mismos. Las restricciones alimentarias sufridas por el ganado, producto de efectos climáticos sobre las pasturas de la finca en el período de 21 a 25 meses, así como el manejo dado a los animales en la etapa de desarrollo, donde hubo una marcada competencia por el alimento disponible, probablemente incidió en la poca expresión de su potencial productivo, reflejado en las ganancias de peso hasta el inicio de la fase de ceba. En contraste con esto, durante la etapa final o de ceba, donde hubo de una buena oferta de forraje y de suplemento concentrado, las ganancias de peso diario se elevaron en general, siendo los animales pseudocastrados quienes mostraron una mejor ganancia de peso diaria, producto de la combinación entre mansedumbre y efectos hormonales de las gónadas, que aunque atrofiadas, seguían produciendo andrógenos.
2. El peso final alcanzado por los pseudocastrados, así como la conformación corporal que le confiere la práctica de la pseudocastración, favoreció que tuvieran mejores pesos en canal, así como el rendimiento pie/ canal y calificación de la misma, debido a una menor pérdida por desecho de grasa perirrenal y mejor conformación muscular. Los animales castrados mostraron una buena conformación visual, sin embargo, tuvieron canales más livianas y mayor cantidad de grasa perirrenal y de cobertura, lo que disminuyó la calificación de la canal en la planta.

3. La maduración de la carne a los 14 días, incidió en que la carne tuviera un descenso de la fuerza de corte WBSF para todos los tratamientos, probablemente debido a la acción proteolítica de las enzimas calpaínas, que afectó la ternura de la misma.
4. La castración y la pseudocastración tornó a los animales más calmados y dóciles en general para el manejo en corral y de igual manera, fueron más tranquilos en potrero. Los animales enteros eran más nerviosos en corral y mostraban libido en el potrero, lo que hacía que montaran a otros animales y pelearan entre ellos. Este comportamiento tranquilo de los castrados y pseudocastrados, repercute en seguridad laboral, menos daño de equipo e instalaciones y menos posibilidad de accidentes que conlleven a pérdidas en el animal.
5. Pese a que no hubo diferencias significativas estadísticamente en cuanto al crecimiento de los animales, la tendencia presentada por los pseudocastrados sugiere que en términos económicos, podría representar un beneficio para el ganadero, al obtener animales un poco más pesados al final del ciclo; esto representó, para este caso, una diferencia de 30 y 40 kg con respecto a los animales enteros y los castrados totales, lo que equivalió a U\$ 53,95 y U\$ 81,85 promedio por animal para cada diferencia entre tratamientos, siguiendo el mismo orden y según el tipo de cambio del momento.
6. La pseudocastración afectó el desarrollo testicular, alcanzando estos el 50,54% del peso de los testículos de los animales enteros.

## **7 Consideraciones**

1. En futuras investigaciones, es importante separar a los animales del experimento para que tengan condiciones de alimentación homogéneas y puedan expresar su potencial productivo.
2. Cuando se realiza una investigación en las fincas del Programa de Producción Agropecuario (PPA), los animales de los experimentos deben prevalecer sobre los comerciales, para que dicho trabajo tenga mayor validez en los resultados.
3. Es importante modificar el manejo dado a los animales de desarrollo de la finca La Vega, para que no haya competencia desigual por alimento, debido a la disimilitud de pesos de los animales del lote.

## 8 Bibliografía

Álvarez, M., Moreira dos Santos, W. 2002. Comparación de la terneza del bife angosto (músculo Longissimus dorsi) de novillos mestizos Nelore de diferentes edades. Departamento de Tecnología e Inspección de Productos de Origen Animal - Escuela de Veterinaria Universidad Federal de Minas Gerais (U.F.M.G.). (en línea). Consultado el 14 de Abril de 2011. Disponible en <http://www1.unne.edu.ar/cyt/2002/04-Veterinarias/V-041.pdf>.

American Meat Science Association AMSA. 1995. Research Guidelines for Cookery, Sensory Evaluation and Instrumental Tenderness Measurements of Fresh Meat. National. American Meat Science Association in cooperation with National Livestock and Meat Board, Chicago Illinois.

Anderson, N. 2007. Castration of calves. (en línea). Factsheet Animal Science. Order NO.07-029 June 2007 AGDEX 420/26. Consultado el 20 de Abril del 2011. Disponible en <http://www.omafra.gov.on.ca/english/livestock/beef/facts/07-029.pdf>.

Aranda, E; Frías, J; Ramos, J; Vásquez, C; Díaz, P. 2010. Calidad y rendimiento en canal de corderos en pastoreo suplementados con caña de azúcar. (en línea). Revista Avances en la investigación Agropecuaria de México. 15(3):33-44. Consultado 20 de Octubre 2015. Disponible en <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2011/sept/3.pdf>.

AVMA (American Veterinary Medical Association, Animal Welfare Division). 2009. Welfare Implications of Castration of Cattle. (en línea). Consultado 23 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.avma.org/reference/backgrounders/castration\\_cattle\\_bgnd.pdf](http://www.avma.org/reference/backgrounders/castration_cattle_bgnd.pdf).

Barría, V. 1979. Efecto de la criptorquidea inducida sobre la ganancia de peso en terneros de raza Overo Negro Europeo. (en línea). Archivos de Medicina Veterinaria. Universidad Austral de Chile. 11(2):115 – 116. Consultado 25 de Abril de 2012. Disponible en <https://books.google.co.cr/books?hl=es&lr=&id>

=ae4xHOvNGLMC&oi=fnd&pg=PA113&dq=criptorquidos+inducidos+en+bovinos&ots=QNOy06O0AY&sig=6EtHlatvs6-wWV-QZ3HLYMwA1nl&redir\_esc=y#v=onepage&q&f=false.

Bastidas, L.; Rea, R.; De Sousa, O.; Valle, A.; Ventura, J. 2010. Calidad forrajera de cinco variedades de caña de azúcar en Santa Cruz de Bucaral, Estado Falcón, Venezuela. (en línea). Consultado 25 de Abril de 2012. Disponible en [www.redalyc.org/pdf/1792/179221617006.pdf](http://www.redalyc.org/pdf/1792/179221617006.pdf).

Bavera, G., 2005. Calidad de la carne. (en línea). Cursos de producción bovina de carne. FA y V UNRC. Consultado 20 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/03-calidad\\_de\\_la\\_carne.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/03-calidad_de_la_carne.pdf).

\_\_\_\_\_ y Peñafort, C. 2006. Castración de machos y hembras. Cursos de producción bovina de carne, FUV UNRC. (en línea). Consultado 14 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/información\\_tecnica/cria/40-castracion\\_de\\_machos\\_y\\_hembras.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/información_tecnica/cria/40-castracion_de_machos_y_hembras.pdf).

Berg, R. Butterfield, R. 1979. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Ed. Acribia. Zaragoza, España. 220.

Bretschneider, G. 2005. Effects of age and method of castration on performance and stress response of beef male cattle. (en línea). Liv. Prod. Sci. 97, 89-100. Consultado el 25 de Marzo de 2011. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622605001429>

Briones, L. 2013. Identificación de vientres de alto mérito para la producción de carne bovina. (en línea). Consultado el 14 de Junio del 2014. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEWjk7IT4\\_\\_nGAhVFJB4KHQQUBA4&url=http%3A%2F%2Fwww.veterinariaudec.cl%2Fpecuarias%2Fwp-content%2Fuploads%2FManual.pdf&ei=2nO1VeQXxch4hKiQcA&usg=AFQjCNFpg218HlyPqCLTTutuQXZN1N63YQ&bvm=bv.98717601,d.dmo&cad=rja](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CB0QFjAAahUKEWjk7IT4__nGAhVFJB4KHQQUBA4&url=http%3A%2F%2Fwww.veterinariaudec.cl%2Fpecuarias%2Fwp-content%2Fuploads%2FManual.pdf&ei=2nO1VeQXxch4hKiQcA&usg=AFQjCNFpg218HlyPqCLTTutuQXZN1N63YQ&bvm=bv.98717601,d.dmo&cad=rja).

- Brito, G. Soares, J. San, R. Montossi, F. 2006. Métodos para predecir el rendimiento carnicero de una canal vacuna. Revista INNIA. 3(8): 10-12. (en línea). Consultado el 7 de Julio de 2015. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-1384.aspx>.
- Calsamiglia, S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes (en línea). Universidad Autónoma de Barcelona. Consultado el 25 octubre 2014. Disponible en [http://www.ucv.ve/fileadmin/user\\_upload/facultad\\_agronomia/UsodeFibraenRumiantes.pdf](http://www.ucv.ve/fileadmin/user_upload/facultad_agronomia/UsodeFibraenRumiantes.pdf).
- Casas, E.; Lunstra, D.; Cundiff, L.; Ford, J. 2007. Growth and Pubertal Development of F1 Bulls from Hereford, Angus, Norwegian Red, Swedish Red and White, Friesian, and Wagyu Sires. (en línea). Consultado el 14 de Abril de 2016. Disponible en [digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1240&context=usdaarsfacpub](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1240&context=usdaarsfacpub).
- Castro, A. 2009. Ganadería de carne. San José, CR. Editorial Universidad Estatal a Distancia. Tomo II. 259 p.
- Chacón, A. 2004. La suavidad de la carne: implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. (en línea). Consultado el 7 de Julio de 2015. Disponible en <https://www.google.com/search?q=calpainas&ie=utf-8&oe=utf-8#q=calpainas+y+calidad+de+carne>.
- Contreras, S. 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. . (en línea). Consultado 20 de octubre de 2015. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjpiKbzzrfMAhUGGR4KHaWVB4QQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fcybertesis.uach.cl%2Ftesis%2Fuach%2F2005%2Fvc764e%2Fsources%2Fvc764e.pdf&usg=AFQjCNFuosw0ry3RDkW1ZhhKIIX24PYyw&bvm=bv.121070826,d.dmo>.

CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero), 2002. Estudio de mercado. Hábitos de consumo de la carne. (en línea). Consultado 4 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_animal/habitos\\_consumo\\_carne.pdf](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_animal/habitos_consumo_carne.pdf).

\_\_\_\_\_. 2002. Guía fotográfica. Sistema de clasificación de canales. (en línea). Consultado el 20 de Abril del 2011. Disponible en <http://www.corfoga.org/new/images/public/documentos/pdf/patronfotografico.pdf>.

\_\_\_\_\_. 2016. Precios de subasta 207 – 2016. (en línea). Consultado el 28 de Abril del 2016. Disponible en <http://corfoga.org/informacion-de-mercados/precios/>.

Costa, C.; De Lima, P.; Savastano, S.; Arrigoni, M.; Carlos, A.; de Oliveira, R.; Barreto, G. 2007. Efeito da castração sobre a qualidade da carne de bovinos superprecoces. (en línea). *Vet. e Zootec.* 14(1):115-123. Consultado el 20 de Marzo del 2015. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAAahUKEwjQ15\\_jx-G\\_AhXIHx4KHcpzDHI&url=http%3A%2F%2Fsimentalsimbrasil.org.br%2Fbiblioteca%2F4\\_-\\_efeito\\_da\\_castracao\\_sobre\\_a\\_qualidade\\_da\\_carne\\_de\\_bovinos\\_superprecoces.pdf&ei=IWiuVZDDGci\\_eMrnsZAH&usg=AFQjCNG9ez-Dci3-xtMlgsuO4J\\_ZfdyPAg&sig2=4SgmJeo0oatqhjKp0rF-JQ&bvm=bv.98197061,d.dmo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB4QFjAAahUKEwjQ15_jx-G_AhXIHx4KHcpzDHI&url=http%3A%2F%2Fsimentalsimbrasil.org.br%2Fbiblioteca%2F4_-_efeito_da_castracao_sobre_a_qualidade_da_carne_de_bovinos_superprecoces.pdf&ei=IWiuVZDDGci_eMrnsZAH&usg=AFQjCNG9ez-Dci3-xtMlgsuO4J_ZfdyPAg&sig2=4SgmJeo0oatqhjKp0rF-JQ&bvm=bv.98197061,d.dmo).

Crouse, J. Cundiff, R. Koch, M. Koohmaraire, M. Seideman, S. 1989. Comparison of *Bos indicus* and *Bos Taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. (en línea). Consultado el 20 de Octubre de 2015. Disponible en <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/67/10/JAN0670102661>.

Dawn. L. 1998. Earlier castration reduces stress. (en línea). Consultado el 20 de Abril de 2016. Disponible en <http://ufdc.ufl.edu/UF00074949/00019/15j>.

- Depetris, J. 2000. Marca Líquida. (en línea). May 2000:17-21. Consultado 4 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/12-calidad\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/12-calidad_de_la_carne_vacuna.pdf). X.
- Depetri, G.; Santini, F. 2005. Calidad de la carne asociada al sistema de producción. (en línea). Consultado 20 de Octubre de 2015. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi5w8Ku5bfMAhXEW4KHe2MCWgQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.produccion-animal.com.ar%2Finformacion\\_tecnica%2Fcarne\\_y\\_subproductos%2F63-calidad\\_carne.pdf&usg=AFQjCNF6pEeUfNEMfCY0orC0bvY\\_ypQ1-w&bvm=bv.121070826,d.dm](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi5w8Ku5bfMAhXEW4KHe2MCWgQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.produccion-animal.com.ar%2Finformacion_tecnica%2Fcarne_y_subproductos%2F63-calidad_carne.pdf&usg=AFQjCNF6pEeUfNEMfCY0orC0bvY_ypQ1-w&bvm=bv.121070826,d.dm)
- Di Marco, O. 2011. Estimación de la calidad de los forrajes. Facultad de Ciencias Agrarias (en línea). Consultado 16 de diciembre de 2012, Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/45-calidad.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/45-calidad.pdf).
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Elizalde JC. 2002. Sistema de alimentación y calidad de la carne obtenida en bovinos. Sociedad Chilena de Producción Animal. (en línea). Consultado 20 de Octubre de 2015. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=028996>.
- Fiems, L. Campeneere, A. Smet, S. Van de Voorde, G. Vanacker, J. Boucqué, C. 2000. Relationship between fat depots in carcasses of beer bull and effect on meat colour and tenderness. (en línea). Consultado el 20 de Abril de 2016. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917400000176>.

Franco, J; Feed, O; Garibotto, G; Ballestero, F; Forichi, E; Betancur, O; Bianchi, G. 2008. Efecto de la maduración sobre la textura y calidad sensorial de la carne de vaquillonas Hereford. (en línea). Revista Argentina de Producción Animal. 28:39-44. Consultado 20 de Octubre de 2015. Disponible en <http://aapa.org.ar/archivos/revistas/2008/vol28n1/005TPPFranco.pdf>

Franson, R.D. 1976. Anatomía y fisiología de los animales domésticos. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México. 461 p.

Garriz, C.A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. (en línea). CIA.ITA.INTA. Castelar. Disertación Jornada Ganadera Vacuna, Fac. Agr. y Vet. UNRC 23 de Mayo 2001. Consultado 20 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/14-calidad\\_organoleptica\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14-calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.pdf).

Gauttier, M. 2003. Avaliação do ganho de peso corpóreo, características da carcaca e qualidade da carne em bezerros submetidos a orquiectomia. Tesis Ms.C. Botucatu, BR, FMVZ-UNESP. 100 p. (en línea). Consultado el 11 de Abr. De 2011. Disponible en [http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bbo/33004064022P3/2003/abba\\_mg\\_me\\_botfmvz.pdf](http://www.athena.biblioteca.unesp.br/exlibris/bd/bbo/33004064022P3/2003/abba_mg_me_botfmvz.pdf).

Guerra, P.; Ricaurte, A.; Quiel, B.; Vargas, A. 2013. Cruzamiento entre *Bos taurus* x *Bos indicus* para la producción de carne. (en línea). Consultado el 11 de Abr. De 2011. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjh2c2dv4XNAhVC6x4KHc\\_3AJMQFggsMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.produccion-animal.com.ar%2Fgenetica\\_seleccion\\_cruzamientos%2Fbovinos\\_de\\_carne%2F82-istemas\\_de\\_cruzamiento.pdf&usg=AFQjCNGXh0u8uKQNjEdUTjkPzGnDLkNs1g&sig2=iFu3WHi\\_BWh7b1y6aqc5VQ](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjh2c2dv4XNAhVC6x4KHc_3AJMQFggsMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.produccion-animal.com.ar%2Fgenetica_seleccion_cruzamientos%2Fbovinos_de_carne%2F82-istemas_de_cruzamiento.pdf&usg=AFQjCNGXh0u8uKQNjEdUTjkPzGnDLkNs1g&sig2=iFu3WHi_BWh7b1y6aqc5VQ).

Gerrard, D.; Jones, S.; Aberle, E.; Lemenager, R.; Diekman, M.; Judge, M. 1987. Collagen stability, testosterone secretion and meat tenderness in growing bulls and steers. (en línea). Consultado el 11 de Abr. De 2016. Disponible en

<https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/65/5/JAN0650051236>.

Huerta-Leidenz, N.; Contreras, R.; Carrillo, R.; Rincón, E. y Moron, O. 1991. Efecto de la condición sexual sobre el crecimiento y características de la canal de bovinos mestizos. (en línea). Revista de Agronomía (LUZ). 8:199 – 207. Consultado el 7 de Julio de 2015. Disponible en <http://www.produccioncientifica.luz.edu.ve/index.php/agronomia/article/view/11454/11444>.

\_\_\_\_\_, 2002. La experiencia venezolana en la implantación de sistemas de clasificación de ganso y canales bovinas. (en línea). XI Congreso Venezolano de Producción e Industria Animal. Valera 22 al 26 de Octubre 2002. Consultado 14 de Abril de 2011. Disponible en [www.avpa.ula.ve/congresos/cd\\_xi\\_congreso/pdf/Nelson huerta2.PDF](http://www.avpa.ula.ve/congresos/cd_xi_congreso/pdf/Nelson%20huerta2.PDF).

\_\_\_\_\_ y Ríos, G. 2000. La castración del bovino a diferentes estadíos de su crecimiento. II. Las características de la canal. Una revisión. (en línea). Rev. Fac. Agron. (LUZ): 1993, 10: 163-187. Consultado 5 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.revfacagronluz.org.ve/v10\\_2/v102z005.html](http://www.revfacagronluz.org.ve/v10_2/v102z005.html).

Huff-Lonergan, E.; Lonergan, S. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. (en línea). Consultado el 14 de Abril del 2016. Disponible en [www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/15\\_17\\_26\\_generalidades\\_WHC.pdf](http://www.uco.es/zootecniaygestion/img/pictorex/15_17_26_generalidades_WHC.pdf).

Ibarra, H. 2011. Ajuste de los pesos al destete. (en línea). Estancias Cabaña Brahman. Beni, BO. Consultado el 14 de Junio del 2014. Disponible en <http://www.estanciasvh.com/?p=251>.

IPCVA (Instituto de Promoción de la Carne Vacuna Argentina). 2015. Calidad organoléptica de la carne vacuna. (en línea). Consultado el 20 de octubre de 2015. Disponible en <http://www.ipcva.com.ar/vertext.php?id=100>.

Irwin, J. 2004. Castrating calves. Consultado 20 de abril de 2011. (en línea). Agfacts. A0.2.6, December 2004. Consultado el 11 de marzo de 2001. Disponible en [http://www.dpi.nsw.gov.au/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0008/174167/castrating-calves.pdf](http://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0008/174167/castrating-calves.pdf).

Koohmaraie, M.; Shackelford, S.; Wheeler. 2000. Las bases biológicas de la ternera de la carne. Rev. Soc. Rural de Jesús María, 118. Meat Animal Research Center, Clay Center, NE, EEUU. (en línea). Consultado 20 de abril de 2011. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/información\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/34-terneza.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/información_tecnica/carne_y_subproductos/34-terneza.pdf).

La calidad de la carne bovina. (s.f.). (en línea). Consultado el 13 de abril del 2011. Disponible en <http://www.itgganadero.com/docs/itg/docs/monograficos/Calidadcarnevac/19-34-c.pdf>

Lehmkuhler, L. 2003. Castration of Beef Calves: Early or Late? (en línea). Extension Beef Cattle Specialist University of Wisconsin-Madison 2003. Consultado 26 de abril de 2011. Disponible en <http://www.uwex.edu/ces/animalscience/beef/documents/2003CastrationofBeefCalves.pdf>.

Lunstra, D.; Ford, J.; Echterkamp, S. 1978. Puberty in beef bulls: Hormone concentrations, growth, testicular development, sperm production and sexual aggressiveness in bulls of different breeds. (en línea). Consultado el 13 de Abril del 2016. Disponible en <https://dl.sciencesocieties.org/publications/jas/pdfs/46/4/JAN0460041054>.

Luz, I. 2011. Cronología dentaria de los bovinos. (en línea). Engormix ganadería. Consultado el 7 de Julio de 2015. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/sanidad/articulos/cronologia-dentaria-bovinos-t2937/p0.htm>.

Mach, N.; Bach, A.; Realini, C.; Font-Furnols, M.; Velarde, A. y Devant, M. 2010. Efecto de la castración en terneros; rendimientos productivos y calidad de la

canal y la carne. (en línea). Consultado el 11 de Abril de 2011. Disponible en <http://www.produccion-animal.com.ar/>.

McDonald, L.E. 1978. Reproducción y endocrinología veterinarias. Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México. 466 p.

Moreno, A. 2002. Determinación del impacto económico de las lesiones en la canal bovina: Factores pre cosecha. (en línea). Consultado 20 de Octubre de 2015. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJwta3tLfMAhXBpB4KHxv4CwIQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.corfoga.org%2Fimages%2Fpublic%2Fdocumentos%2Fpdf%2Flesiones\\_2004.pdf&usg=AFQjCNGqPV\\_niii59Pv-y84bAjufYHvSg](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiJwta3tLfMAhXBpB4KHxv4CwIQFggdMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.corfoga.org%2Fimages%2Fpublic%2Fdocumentos%2Fpdf%2Flesiones_2004.pdf&usg=AFQjCNGqPV_niii59Pv-y84bAjufYHvSg).

Morgan, J.; Wheeler, T.; Koohmaraie, M.; Crouse, J.; and Savell, J. 1993. Effect of castration on myofibrillar protein turnover, endogenous proteinase activities, and muscle growth in bovine skeletal muscle. (en línea). *J Anim Sci* 1993. 71:408-414. Consultado 14 de Abril de 2011. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/71/2/408>.

Morón-Fuenmayor, O.; Araujo-Febres, O.; Pietrosemoli, S.; Gallardo, N.; Sulbarán, B. y Peña, J. 2010. Efecto de la castración sobre la composición físicoquímica y características sensoriales en carne de bovinos mestizos comerciales. (en línea). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 2010, 27:594-606. Consultado el 7 de Julio del 2015. Disponible en <http://200.74.222.178/index.php/agronomia/article/view/12440/12429>.

Murillo, O. 2003. Efecto de la suplementación energético proteíca en el crecimiento y calidad de la carne de toretes cebuínos híbridos. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR: Tecnológico de Costa Rica. 53pp.

Ockerman, H.; Jaworek, D.; VanStavern, B.; Parrett, N. and Pierson, C. 1984. Castration and sire effects on carcass traits, meat palatability and muscle fiber characteristics in Angus cattle. (en línea). *J. Anim Sci* 1984. 59:981-990.

Consultado 25 de Abril de 2011. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/59/4/981>.

Peruchena, C. 1999. Suplementación de bovinos para carne sobre pasturas tropicales. Aspectos nutricionales, productivos y económicos. Conferencia XXXVI Congreso Anual de la sociedad Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre, Brasil. (en línea) Consultado el 7 de Julio del 2015. Disponible en [http://www.produccionanimal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/32-suplementacion\\_sobre\\_pasturas\\_tropicales.pdf](http://www.produccionanimal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/32-suplementacion_sobre_pasturas_tropicales.pdf).

Perry, G.; Walker, J.; Daly, R. 2008. Reproductive Fertility in Herd Bulls. (en línea). Consultado 14 de abril de 2016. Disponible en [https://www.pubstorage.sdstate.edu/agbio\\_publications/articles/exex2066.pdf](https://www.pubstorage.sdstate.edu/agbio_publications/articles/exex2066.pdf)

Pringle, T.D.; Williams, S. E.; Lamb, B. S., Johnson, D. D., West, R. L. 1997. Carcass characteristics, the calpain proteinase system, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. *Journal of Animal Science*, v.75, p. 2955-2961,1997. (en línea). Consultado 14 de abril de 2011. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/75/11/2955>.

Purchas, R.; Burnham, D.; Morris, S. 2002 Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. (en línea). Consultado 14 de Abril de 2016. Disponible en <https://www.animalsciencepublications.org/publications/jas/pdfs/80/12/3211>.

Ramírez, I. 2014. Evaluación de niveles crecientes de energía en la suplementación de novillos de engorde en pastoreo. Tesis Lic. Santa Clara, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 97 p.

Restle, J.; Nunez, F.; Dias, G.; Brondani, I.; Alves, D.; Carvalho, R.; Faturi, C. y Pacheco, P. 2000. Características de carcaca de bovinos de corte inteiros ou castrados de diferentes composicoes raciais Charoles x Nelore. (en línea). *Rev. bras. zootec.*, 29(5):1371-1379. Consultado el 11 de Marzo del 2011. Disponible en [www.scielo.br/pdf/rbz/v29n5/5658.pdf](http://www.scielo.br/pdf/rbz/v29n5/5658.pdf).

Riaño, A.; Sierra, C. 2007. Evaluación del comportamiento de los rendimientos en canal carne, hueso y grasa de los cruces comerciales bovinos participantes en los concursos de ganado cebado realizados en Colombia. (en línea). Consultado el 20 de Febrero de 2016. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2qbj5tbfMAhVBXR4KHYEOb6QQFgg5MAU&url=http%3A%2F%2Frepository.lasalle.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10185%2F6685%2F13001050.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AFQjCNHiyoJcYs9-vNs\\_uNLUdTGZxOS\\_-A&bvm=bv.121070826,d.dmo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=6&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi2qbj5tbfMAhVBXR4KHYEOb6QQFgg5MAU&url=http%3A%2F%2Frepository.lasalle.edu.co%2Fbitstream%2Fhandle%2F10185%2F6685%2F13001050.pdf%3Fsequence%3D1&usg=AFQjCNHiyoJcYs9-vNs_uNLUdTGZxOS_-A&bvm=bv.121070826,d.dmo).

Rodríguez, J. 2010. Evaluación del efecto de la castración temprana, al destete, al año sobre el rendimiento, la calidad y terneza de la carne en bovinos de carne. Informe preliminar tesis de post grado, Colegio de Agricultura, animal Sciences Department, Kansas State University, USA. 35 p.

\_\_\_\_\_.; Villarreal, M.; Unruh, J.; Jaeger, J.; Rienhart, C. 2014. Evaluación del efecto de la castración en bovinos de carne sobre el rendimiento, la calidad y terneza de la carne. Tesis M.Sc. Manhattan, KS. Kansas State University. 82 p. (en línea). Consultado el 7 de Julio del 2015. Disponible en [http://biblioteca.tec.ac.cr/F/Q4TP977F8CMNJKDU91A5FV7IS7X6KT7BC93TSDFEED9R2CECE-23239?func=find-b&request=rodriguez+julio&find\\_code=WRD&adjacent=Y&local\\_base=&x=0&y=0&filter\\_code\\_1=WLN&filter\\_request\\_1=&filter\\_code\\_2=WYR&filter\\_request\\_2=&filter\\_code\\_3=WYR&filter\\_request\\_3=&filter\\_code\\_4=WMA&filter\\_request\\_4=&filter\\_code\\_5=WSL&filter\\_request\\_5=](http://biblioteca.tec.ac.cr/F/Q4TP977F8CMNJKDU91A5FV7IS7X6KT7BC93TSDFEED9R2CECE-23239?func=find-b&request=rodriguez+julio&find_code=WRD&adjacent=Y&local_base=&x=0&y=0&filter_code_1=WLN&filter_request_1=&filter_code_2=WYR&filter_request_2=&filter_code_3=WYR&filter_request_3=&filter_code_4=WMA&filter_request_4=&filter_code_5=WSL&filter_request_5=).

Rodríguez, K. 2014. Efecto del componente racial sobre parámetros productivos, de la canal y de la calidad de la carne de novillos de engorde suplementados bajo condiciones de pastoreo. Tesis Lic. Santa Clara, CR. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 102 p.

Rubio, M.; Braña, D.; Médez, 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. Ajuchitlán, MX. Consultado el 7 de Julio del 2015. 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>.

Santini, F.; Rearte, D.; Grijeira, J. 2003. Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. (en línea). Sitio Argentino de Producción Animal. Consultado 20 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/41-calidad\\_carne.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/41-calidad_carne.pdf).

Savastano, S. 2000. Efeito da castracao sobre o desempenho e características de carcaca e de carne do bovino superprecoce. Tesis Ph. D. Botucatu, BR, FMVZ-UNESP. 83 p. (en línea). Consultado el 11 de Abril de 2011. Disponible en [http://www.cati.sp.gov.br/Cati/\\_tecnologias/teses/TeserSergioSavastano.pdf](http://www.cati.sp.gov.br/Cati/_tecnologias/teses/TeserSergioSavastano.pdf).

Shackelford, S.D., Koohmaraie, M and Wheeler, T.L. 1995. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. (en línea). J. Anim. Sci. 1995. 73:3304-3309. Consultado 25 de Abril de 2011. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/73/11/3304>.

Shackelford, S.D., Wheeler, T. L and Koohmaraie, M. 1997. Tenderness classification of beef: I. Evaluation of beef longissimus shear force at 1 or 2 days *postmortem* as a predictor of aged beef tenderness J Anim Sci 1997. 75:2417-2422. (en línea). Consultado 25 de Abril de 2011. Disponible en <http://jas.fass.org/cgi/reprint/75/9/2417>.

Seideman, S.; Cross, H.; Crouse, J. 1989. Carcass characteristics, sensory properties and mineral content of meat from bulls and steers. (en línea). Consultado 25 de Abril de 2016. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1745-4557.1989.tb00912.x/abstract>.

Smith, G.; Tatum, J.; Belk, K.; Scanga, J. 2008. Post-harvest practices for enhancing beef tenderness. (en línea). Consultado 25 de Abril de 2016. Disponible en [https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbt\\_rglbNAhXI\\_R4KHY8bB08QFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.beefresearch.org%2FCMDocs%2FBeefResearch%2FPost-Harvest%2520Practices%2520for%2520Enhancing%2520Beef%2520Tenderness.pdf&usg=AFQjCNErHGJmp8ubas3Kx5GtQFRLPbAUBQ&bvm=bv.123325700,d.dmo](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjbt_rglbNAhXI_R4KHY8bB08QFggfMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.beefresearch.org%2FCMDocs%2FBeefResearch%2FPost-Harvest%2520Practices%2520for%2520Enhancing%2520Beef%2520Tenderness.pdf&usg=AFQjCNErHGJmp8ubas3Kx5GtQFRLPbAUBQ&bvm=bv.123325700,d.dmo).

Soria, L. Corva, P. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. (en línea). Consultado 20 de Octubre de 2014. Disponible en <http://www.bioline.org.br/request?la04010>.

Soto, E. Garmendia, J. 1997. Uso de fuente nacional de fósforo en la suplementación de novillas Brahman. (en línea). Zootecnia Tropical. 15(2):159-175. Consultado 20 de Octubre de 2014. Disponible en [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt1502/texto/suplementacion.htm](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt1502/texto/suplementacion.htm).

Sullivan, G.; Calkins, C. 2007. Ranking Beef Muscles for Warner-Bratzler Shear Force and Trained Sensory Panel Ratings. (en línea). Consultado 20 de abril de 2016. Disponible en [digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1089&context=animalscinbcr](http://digitalcommons.unl.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1089&context=animalscinbcr).

Teira, G.A. 2004 Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la terneza. (en línea). Ciencia, Docencia y Tecnología N° 28, Año XV, (215-244), mayo de 2004. Consultado el 20 de abril de 2011. Disponible en [http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/pdfs/cdt28\\_Teira-terneza.pdf](http://www.revistacdyt.uner.edu.ar/pdfs/cdt28_Teira-terneza.pdf).

Terneza. Revisión bibliográfica. 1998?. 5 – Textura – Terneza. (en línea). Consultado el 20 de Octubre de 2011. Disponible en <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjC-MaN7rfMAhWJGB4KHfsLD1AQFggguMAM&url=http%3A%2F%2Fwww.uco.es%2Forganiza%2Fdepartamentos%2Fprod->

animal%2Feconomia%2Faula%2Fimg%2Fpictorex%2F07\_09\_40\_5\_REVTE  
RNE.pdf&usg=AFQjCNHy8aeAaV7DftA1VesfJ9NV6ZpEGA&bvm=bv.121070  
826,d.dmo.

Tipo de cambio. 2016. Tipo de cambio Costa Rica. (en línea). Consultado el 29 de  
Abril del 2016. Disponible en <http://www.tipodecambio.info/tch1.php>.

U.S. Meat Export Federation, 1999. Descripción del Marmoleo. (en línea).  
Consultado el 23 de Julio del 2014. Disponible en  
[http://usmef.org/IMM/imm\\_beef/2\\_imm\\_beef\\_marbling.pdf](http://usmef.org/IMM/imm_beef/2_imm_beef_marbling.pdf).

Van Soest, P. 1982. Nutritional ecology of the ruminant. Corvallis, OR, US. O & B  
Books, Inc. 374 p.

Varela, A.; Oliete, B.; Moreno, T.; Portela, C.; Carballo, J.; Sánchez, L. y  
Montserrat, L. 2003. Calidad de la carne de machos enteros y castrados de  
raza rubia gallega sacrificados con 24 meses. (en línea). Arch. Zootec. 52:  
347-358. 2003. Consultado 20 de Abril de 2011. Disponible en  
[http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/18\\_13\\_43\\_06Varela.pdf](http://www.uco.es/organiza/servicios/publica/az/php/img/web/18_13_43_06Varela.pdf).

Vásquez, R.; Pulido, J.; Abuabara, Y.; Martínez, R.; Abadía, B.; Arreaza, L.; Silva,  
J.; Sánchez, L.; Ballesteros, H.; Muñoz, C.; Rivero, T.; Nivia, A.; Barrera, G.,  
2005. Patrones Tecnológicos y Calidad de la Carne Bovina en el Caribe  
Colombiano. (en línea). CORPOICA. Consultado 14 de Abril de 2011.  
Disponible en [www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Patrones  
tecnologicosycalidad.pdf](http://www.corpoica.org.co/SitioWeb/Archivos/Publicaciones/Patrones_tecnologicosycalidad.pdf).

Wheeler, T.; Koohmarai, M. 1994. Prerigor and Postrigor Changes in Tenderness of  
Ovine Longissimus Muscle. (en línea). Consultado el 17 de Agosto de 2016.  
Disponible en [www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/30400510/1994721232  
.pdf](http://www.ars.usda.gov/sp2userfiles/place/30400510/1994721232.pdf).

Whipple, G.; Koohmaraie, M.; Dikeman, M.; Crouse, J.; Hunt M.; Klemm, R. 1990.  
Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus*

and *Bos indicus* cattle. (en línea). Consultado el 17 de Agosto de 2016.  
Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/2211401>.

Zimerman,M. 2008. pH de la carne y factores que lo afectan. (en línea). Consultado el 7 de Julio de 2015. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/produccion\\_ovina/produccion\\_ovina\\_carne/146-carne.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_ovina/produccion_ovina_carne/146-carne.pdf).

## 9 Anexos

### 9.1 Anexo A1. Modelos lineales generales y mixtos en finca

Nueva tabla\_3 : 5/29/2015 - 6:24:27 AM - [Versión : 7/22/2014] - [R 3.1.1]

#### Modelos lineales generales y mixtos

##### Especificación del modelo en R

```
modelo.036_Peso.Ncto_REML<-glms (Peso.Ncto~1+Tto  
,weights=varComb (varIdent (form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

##### Resultados para el modelo: modelo.036\_Peso.Ncto\_REML

Variable dependiente: *Peso.Ncto*

##### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	170.98	177.79	-79.49	7.16	0.03	

*AIC y BIC menores implica mejor*

##### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1082.57	<0.0001
Tto	2	0.35	0.7067

##### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1165.37	<0.0001
Tto	2	0.35	0.7067

## Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

<u>Parámetro</u>	<u>Estim</u>
T	1.00
C	1.10
P	0.66

## Peso.Ncto - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Tto</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>
C	44.00	2.49 A
T	42.33	2.39 A
P	41.43	1.78 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Especificación del modelo en R

```
modelo.037_Peso.corregido.a.270.dias.kg_REML<-  
gls(Peso.corregido.a.270.dias.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

## Resultados para el modelo:

**modelo.037\_Peso.corregido.a.270.dias.kg\_REML**

Variable dependiente: *Peso.corregido.a.270.dias.kg*

## Medidas de ajuste del modelo

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
26	233.52	240.33	-110.76	27.06	0.01	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1944.49	<0.0001
Tto	2	0.08	0.9226

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1967.34	<0.0001
Tto	2	0.08	0.9226

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.95
P	0.91

### Peso.corregido.a.270.dias.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
T	228.12	9.02	A
P	225.43	9.35	A
C	223.23	8.17	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.038_Peso.corregido.a.630.dias.kg_REML<-  
gls(Peso.corregido.a.630.dias.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
```

```
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.038\_Peso.corregido.a.630.dias.kg\_REML**

Variable dependiente: *Peso.corregido.a.630.dias.kg*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	249.88	256.69	-118.94	37.95	0.06	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2666.15	<0.0001
Tto	2	0.89	0.4237

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2679.76	<0.0001
Tto	2	0.89	0.4237

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula: *~ 1 | Tto*

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.06
P	0.84

### Peso.corregido.a.630.dias.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

Tto Medias E.E.

P 384.33 12.01 A

C 367.98 12.70 A

T 361.96 12.65 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)*

### **Especificación del modelo en R**

```
modelo.039_Peso.corregido.a.750.dias.kg_REML<-  
gls(Peso.corregido.a.750.dias.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### **Resultados para el modelo:**

**modelo.039\_Peso.corregido.a.750.dias.kg\_REML**

*Variable dependiente: Peso.corregido.a.750.dias.kg*

### **Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	248.23	255.04	-118.11	41.82	0.03	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### **Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3011.14	<0.0001
Tto	2	0.34	0.7169

### **Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	3209.96	<0.0001
Tto	2	0.34	0.7169

### **Estructura de varianzas**

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

<u>Parámetro</u>	<u>Estim</u>
T	1.00
C	0.78
P	0.79

### **Peso.corregido.a.750.dias.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto**

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Tto</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
P	398.13	12.51	A
C	393.11	10.35	A
T	382.92	13.94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### **Especificación del modelo en R**

```
modelo.040_Peso.corregido.a.900.dias.kg_REML<-  
gls(Peso.corregido.a.900.dias.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### **Resultados para el modelo:**

**modelo.040\_Peso.corregido.a.900.dias.kg\_REML**

Variable dependiente: *Peso.corregido.a.900.dias.kg*

### **Medidas de ajuste del modelo**

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
26	249.39	256.20	-118.70	34.06	0.17	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5620.34	<0.0001
Tto	2	2.91	0.0749

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6077.22	<0.0001
Tto	2	2.91	0.0749

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.35
P	0.84

### Peso.corregido.a.900.dias.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	558.08	10.85	A
T	528.91	11.35	A
C	518.73	14.56	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.041_GPD.predtt.ajust.g.0.9.M_REML<-  
gls(GPD.predtt.ajust.g.0.9.M~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
```

```
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.041\_GPD.predtt.ajust.g.0.9.M\_REML**

Variable dependiente: *GPD.predtt.ajust.g.0.9.M*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	-26.59	-19.78	19.29	0.09	0.02	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1382.56	<0.0001
Tto	2	0.19	0.8305

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1441.34	<0.0001
Tto	2	0.19	0.8305

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.97
P	1.05

### GPD.predtt.ajust.g.0.9.M - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

<u>Tto</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
T	0.69	0.03	A
P	0.68	0.04	A
C	0.66	0.03	A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### **Especificación del modelo en R**

```
modelo.042_GPD.postdtt.ajust.g.9.21.M_REML<-  
gls(GPD.postdtt.ajust.g.9.21.M~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### **Resultados para el modelo:**

**modelo.042\_GPD.postdtt.ajust.g.9.21.M\_REML**

*Variable dependiente: GPD.postdtt.ajust.g.9.21.M*

### **Medidas de ajuste del modelo**

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
26	-51.88	-45.06	31.94	0.04	0.19	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### **Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	2231.67	<0.0001
Tto	2	3.13	0.0625

### **Pruebas de hipótesis secuenciales**

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	2464.25	<0.0001
Tto	2	3.13	0.0625

### **Estructura de varianzas**

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

<u>Parámetro</u>	<u>Estim</u>
T	1.00
C	1.56
P	1.10

### **GPD.postdtt.ajust.g.9.21.M - Medias ajustadas y errores estándares para Tto**

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

<u>Tto</u>	<u>Medias</u>	<u>E.E.</u>	
P	0.53	0.02	A
T	0.48	0.01	A
C	0.47	0.02	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### **Especificación del modelo en R**

```
modelo.043_GPD.postdtt.ajust.g.21.25.M_REML<-  
gls(GPD.postdtt.ajust.g.21.25.M~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### **Resultados para el modelo:**

**modelo.043\_GPD.postdtt.ajust.g.21.25.M\_REML**

Variable dependiente: GPD.postdtt.ajust.g.21.25.M

### **Medidas de ajuste del modelo**

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
26	-10.18	-3.37	11.09	0.09	0.08	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	31.26	<0.0001
Tto	2	0.66	0.5280

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	57.00	<0.0001
Tto	2	0.66	0.5280

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.48
P	2.06

### GPD.postdtt.ajust.g.21.25.M - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
C	0.21	0.04	A
T	0.17	0.03	A
P	0.11	0.07	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.044_GPD.ceba.ajust.g.25.30.M_REML<-  
gls(GPD.ceba.ajust.g.25.30.M~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
```

```
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.044\_GPD.ceba.ajust.g.25.30.M\_REML**

Variable dependiente: *GPD.ceba.ajust.g.25.30.M*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	-4.46	2.35	8.23	0.17	0.30	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1108.67	<0.0001
Tto	2	6.34	0.0064

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1180.45	<0.0001
Tto	2	6.34	0.0064

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.87
P	0.67

### GPD.ceba.ajust.g.25.30.M - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

Tto Medias E.E.

P	1.07	0.04	A
T	0.97	0.06	A B
C	0.84	0.05	B

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*

### **Especificación del modelo en R**

```
modelo.045_GPD.total.g.0.30_REML<-gls(GPD.total.g.0.30~1+Tto
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data36)
```

### **Resultados para el modelo: modelo.045\_GPD.total.g.0.30\_REML**

*Variable dependiente: GPD.total.g.0.30*

### **Medidas de ajuste del modelo**

<u>N</u>	<u>AIC</u>	<u>BIC</u>	<u>logLik</u>	<u>Sigma</u>	<u>R2</u>	<u>0</u>
26	-66.29	-59.47	39.14	0.04	0.21	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### **Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	5358.77	<0.0001
Tto	2	3.30	0.0550

### **Pruebas de hipótesis secuenciales**

	<u>numDF</u>	<u>F-value</u>	<u>p-value</u>
(Intercept)	1	5473.27	<0.0001
Tto	2	3.30	0.0550

### **Estructura de varianzas**

*Modelo de varianzas: varIdent*

Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.25
P	0.96

### GPD.total.g.0.30 - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
P	0.57	0.01	A
T	0.54	0.01	A
C	0.53	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.046_Grasa.Dorsal.mm_REML<-glms(Grasa.Dorsal.mm~1+Tto
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo: modelo.046\_Grasa.Dorsal.mm\_REML

Variable dependiente: Grasa.Dorsal.mm

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	87.18	93.99	-37.59	0.85	0.16	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	391.81	<0.0001
Tto	2	2.34	0.1193

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	420.67	<0.0001
Tto	2	2.34	0.1193

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.50
P	1.33

### Grasa.Dorsal.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
C	4.91	0.41	A
P	4.22	0.43	A
T	3.84	0.28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.047_Marmoleo_REML<-gls(Marmoleo~1+Tto
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data36)
```

Resultados para el modelo: **modelo.047\_Marmoleo\_REML**

Variable dependiente: Marmoleo

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	51.52	58.33	-19.76	0.47	0.18	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	735.08	<0.0001
Tto	2	2.70	0.0883

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	768.97	<0.0001
Tto	2	2.70	0.0883

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.06
P	1.11

### Marmoleo - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
T	2.94	0.16	A
P	2.73	0.20	A
C	2.43	0.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p >

0.05)

### Especificación del modelo en R

```
modelo.048_Profundidad.Muscular.Lomo.mm_REML<-  
glS(Profundidad.Muscular.Lomo.mm~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.048\_Profundidad.Muscular.Lomo.mm\_REML**

Variable dependiente: *Profundidad.Muscular.Lomo.mm*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	165.32	172.14	-76.66	4.05	0.16	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	991.14	<0.0001
Tto	2	1.41	0.2647

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	8205.72	<0.0001
Tto	2	1.41	0.2647

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*  
Formula: *~ 1 | Tto*

Parámetros de la función de varianza

Parámetro Estim

T	1.00
C	4.11
P	0.51

### Profundidad.Muscular.Lomo.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.
P	60.57	0.78 A
T	60.56	1.35 A
C	51.66	5.26 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.049_Peso.en.pie.finca.kg_REML<-
  gls(Peso.en.pie.finca.kg~1+Tto
    ,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
    ,method="REML"
    ,na.action=na.omit
    ,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo:

modelo.049\_Peso.en.pie.finca.kg\_REML

Variable dependiente: Peso.en.pie.finca.kg

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	251.24	258.05	-119.62	42.53	0.15	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5358.32	<0.0001
Tto	2	2.82	0.0806

## Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	6190.57	<0.0001
Tto	2	2.82	0.0806

## Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.06
P	0.61

## Peso.en.pie.finca.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	565.71	9.75	A
T	542.11	14.18	A
C	526.50	14.22	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Especificación del modelo en R

```
modelo.050_Peso.en.pie.planta.kg_REML<-  
gls(Peso.en.pie.planta.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

Resultados para el modelo:

**modelo.050\_Peso.en.pie.planta.kg\_REML**

Variable dependiente: *Peso.en.pie.planta.kg*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	245.75	252.56	-116.87	39.50	0.19	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5717.81	<0.0001
Tto	2	4.52	0.0221

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	7630.56	<0.0001
Tto	2	4.52	0.0221

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.05
P	0.51

### Peso.en.pie.planta.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	530.64	7.66	A
T	502.83	13.17	A B
C	488.45	13.16	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p >$

0.05)

### Especificación del modelo en R

```
modelo.051_Merma.finca.planta_REML<-  
glS(Merma.finca.planta~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data36)
```

### Resultados para el modelo: modelo.051\_Merma.finca.planta\_REML

Variable dependiente: Merma.finca.planta

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	85.33	92.15	-36.67	0.93	0.19	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1048.06	<0.0001
Tto	2	2.25	0.1286

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1212.76	<0.0001
Tto	2	2.25	0.1286

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00

C	1.13
P	1.28

### Merma.finca.planta - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
T	7.24	0.31	A
C	7.22	0.33	A
P	6.17	0.45	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 9.2 Anexo A2. Modelos lineales generales y mixtos Calificación canal

Nueva tabla\_2 : 10/7/2015 - 3:50:15 PM - [Versión : 7/22/2014] - [R 3.1.1]

### Modelos lineales generalizados mixtos

#### Especificación del modelo en R

```
modelo.g03_Calificacion.canal.numerica_REML<-
glm(Calificacion.canal.numerica~1+Tto
, family=myFamily
, na.action=na.omit
, data=R.data03)
```

#### Resultados para el modelo: modelo.g03\_Calificacion.canal.numerica\_REML

Variable dependiente: Calificacion.canal.numerica

#### General

Familia	Enlace	Convergencia	Escala
gaussian	identity	Alcanzada	0.40

#### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Deviance
26	55.09	60.13	-23.55	9.31

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis secuenciales para los efectos fijos

	Df	Deviance	Resid.	Df	Resid.	Dev	Pr(>Chi)
NULL				25		11.85	
Tto	2	2.53		23		9.31	0.0439

### Calificacion.canal.numerica - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

Inversa de la función de enlace con efecto aleatorio=0  
DGC (Alfa=0.05)

Tto	PredLin	E.E.	Media	E.E.	
P	2.57	0.15	2.57	0.15	A
T	2.00	0.13	2.00	0.13	B
C	1.80	0.13	1.80	0.13	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.082_Calificacion.Musculo_REML<-  
gls(Calificacion.Musculo~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.082\_Calificacion.Musculo\_REML**

Variable dependiente: Calificacion.Musculo

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	63.36	70.17	-25.68	0.71	0.15	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	209.28	<0.0001
Tto	2	2.49	0.1048

## Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	207.02	<0.0001
Tto	2	2.49	0.1048

## Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.94
P	0.76

## Calificación.Musculo - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
T	2.00	0.24	A
C	2.00	0.21	A
P	1.43	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 9.3 Anexo A3. Modelos lineales generales y mixtos Canal post mortem

Nueva tabla\_3 : 5/29/2015 - 6:42:12 AM - [Versión : 7/22/2014] - [R 3.1.1]

## Modelos lineales generales y mixtos

### Especificación del modelo en R

```
modelo.079_Peso.canal.caliente.kg_REML<-  
gls(Peso.canal.caliente.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit
```

,data=R.data52)

**Resultados para el modelo:  
modelo.079\_Peso.canal.caliente.kg\_REML**

*Variable dependiente: Peso.canal.caliente.kg*

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	220.06	226.87	-104.03	20.46	0.30	

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5539.35	<0.0001
Tto	2	8.61	0.0016

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	9487.10	<0.0001
Tto	2	8.61	0.0016

**Estructura de varianzas**

*Modelo de varianzas: varIdent*  
*Formula: ~ 1 | Tto*

*Parámetros de la función de varianza*

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.39
P	0.50

**Peso.canal.caliente.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto**

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	314.29	3.84	A
T	292.00	6.82	B
C	280.00	8.98	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.080_Rendimiento.en.canal_REML<-
  gls(Rendimiento.en.canal~1+Tto
    ,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
    ,method="REML"
    ,na.action=na.omit
    ,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.080\_Rendimiento.en.canal\_REML**

Variable dependiente: Rendimiento.en.canal

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	100.40	107.21	-44.20	1.92	0.22	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	39070.17	<0.0001
Tto	2	5.72	0.0096

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	62624.43	<0.0001
Tto	2	5.72	0.0096

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.89
P	0.39

### Rendimiento.en.canal - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.		
P	59.29	0.29	A	
T	58.22	0.64	A	B
C	57.30	0.54		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.081_Calificacion.canal.numerica_REML<-  
gls(Calificacion.canal.numerica~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo:

modelo.081\_Calificacion.canal.numerica\_REML

Variable dependiente: Calificacion.canal.numerica

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	62.41	69.22	-25.20	0.71	0.21	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	297.68	<0.0001
Tto	2	3.90	0.0348

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	307.20	<0.0001
Tto	2	3.90	0.0348

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.89
P	0.76

### Calificacion.canal.numerica - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	2.57	0.20	A
T	2.00	0.24	A B
C	1.80	0.20	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.082_Calificacion.Musculo_REML<-  
gls(Calificacion.Musculo~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit
```

,data=R.data52)

**Resultados para el modelo:  
modelo.082\_Calificacion.Musculo\_REML**

*Variable dependiente: Calificacion.Musculo*

**Medidas de ajuste del modelo**

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	63.36	70.17	-25.68	0.71	0.15	

*AIC y BIC menores implica mejor*

**Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	209.28	<0.0001
Tto	2	2.49	0.1048

**Pruebas de hipótesis secuenciales**

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	207.02	<0.0001
Tto	2	2.49	0.1048

**Estructura de varianzas**

*Modelo de varianzas: varIdent*  
*Formula: ~ 1 | Tto*

*Parámetros de la función de varianza*

Parámetro	Estim
T	1.00
C	0.94
P	0.76

**Calificacion.Musculo - Medias ajustadas y errores estándares  
para Tto**

*LSD Fisher (Alfa=0.05)*

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
T	2.00	0.24	A
C	2.00	0.21	A
P	1.43	0.20	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.083_Grasa.perirrenal.kg_REML<-
  gls(Grasa.perirrenal.kg~1+Tto
    ,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
    ,method="REML"
    ,na.action=na.omit
    ,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo:

**modelo.083\_Grasa.perirrenal.kg\_REML**

Variable dependiente: Grasa.perirrenal.kg

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	103.51	110.33	-45.76	1.69	0.38	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	479.56	<0.0001
Tto	2	6.86	0.0046

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	529.82	<0.0001
Tto	2	6.86	0.0046

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.15
P	0.56

### Grasa.perirrenal.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
C	8.30	0.62	A
T	5.89	0.56	B
P	5.71	0.36	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.084_Peso.canal.fria.kg_REML<-  
gls(Peso.canal.fria.kg~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo: modelo.084\_Peso.canal.fria.kg\_REML

Variable dependiente: *Peso.canal.fria.kg*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	219.21	226.02	-103.61	20.11	0.30	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	5633.54	<0.0001
Tto	2	8.85	0.0014

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	9975.87	<0.0001
Tto	2	8.85	0.0014

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.40
P	0.49

### Peso.canal.fria.kg - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
P	312.71	3.70	A
T	290.44	6.70	B
C	278.70	8.91	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.085_Merma_REML<-gls(Merma~1+Tto
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data52)
```

## Resultados para el modelo: modelo.085\_Merma\_REML

Variable dependiente: Merma

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	52.12	58.93	-20.06	0.50	0.08	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	35.86	<0.0001
Tto	2	1.01	0.3808

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	34.99	<0.0001
Tto	2	1.01	0.3808

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent

Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.03
P	0.98

### Merma - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
P	0.71	0.18	A
T	0.67	0.17	A
C	0.40	0.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.086_Longitud.canal.cm_REML<-  
gls(Longitud.canal.cm~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo: modelo.086\_Longitud.canal.cm\_REML

Variable dependiente: Longitud.canal.cm

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	159.58	166.39	-73.79	5.55	0.04	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	28827.27	<0.0001
Tto	2	0.36	0.7017

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	41211.72	<0.0001
Tto	2	0.36	0.7017

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro Estim

T	1.00
C	1.31
P	0.53

### Longitud.canal.cm - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
C	179.20	2.29	A
P	177.14	1.10	A
T	177.00	1.85	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.087_Grasa.cobertura.mm_REML<-
glS(Grasa.cobertura.mm~1+Tto
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data52)
```

### Resultados para el modelo: modelo.087\_Grasa.cobertura.mm\_REML

Variable dependiente: Grasa.cobertura.mm

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	113.74	120.55	-50.87	1.58	0.20	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	59.15	<0.0001
Tto	2	2.45	0.1089

## Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	68.38	<0.0001
Tto	2	2.45	0.1089

## Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.96
P	0.77

## Grasa.cobertura.mm - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
C	4.40	0.98	A
P	2.86	0.46	A
T	2.00	0.53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Especificación del modelo en R

```
modelo.088_Area.del.Ojo.del.Lomo.AOL.cm2_REML<-  
gls(Area.del.Ojo.del.Lomo.AOL.cm2~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

## Resultados para el modelo:

**modelo.088\_Area.del.Ojo.del.Lomo.AOL.cm2\_REML**

Variable dependiente: *Area.del.Ojo.del.Lomo.AOL.cm2*

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	198.60	205.42	-93.30	10.12	0.14	

*AIC y BIC menores implica mejor*

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1770.69	<0.0001
Tto	2	1.58	0.2279

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2465.46	<0.0001
Tto	2	1.58	0.2279

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*

Formula:  $\sim 1 \mid Tto$

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.11
P	1.73

### Area.del.Ojo.del.Lomo.AOL.cm2 - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: *Bonferroni*

Tto	Medias	E.E.	
P	121.57	6.63	A
T	115.67	3.37	A
C	109.50	3.54	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Especificación del modelo en R

```
modelo.089_Marmoleo.post.mortem.numerico_REML<-  
glS(Marmoleo.post.mortem.numerico~1+Tto  
,weights=varComb(varIdent(form=~1|Tto))  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data52)
```

## Resultados para el modelo:

**modelo.089\_Marmoleo.post.mortem.numerico\_REML**

Variable dependiente: *Marmoleo.post.mortem.numerico*

## Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	50.11	56.92	-19.05	0.44	0.13	

*AIC y BIC menores implica mejor*

## Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	14.92	0.0008
Tto	2	1.60	0.2236

## Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	14.99	0.0008
Tto	2	1.60	0.2236

## Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: *varIdent*  
Formula: *~ 1 | Tto*

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00

C	1.17
P	1.11

### Marmoleo.post.mortem.numerico - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
C	0.60	0.16	A
P	0.29	0.18	A
T	0.22	0.15	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 9.4 Anexo A4. Modelos lineales generales y mixtos calidad de carne

### Especificación del modelo en R

```
modelo.000_Promedio.merma.2.d_REML<-glms(Promedio.merma.2.d~1+Tto
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data00)
```

Resultados para el modelo: modelo.000\_Promedio.merma.2.d\_REML

Variable dependiente: **Promedio.merma.2.d**

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	140.69	145.23	-66.35	3.76	0.23	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1557.74	<0.0001
Tto	2	3.48	0.0479

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1603.46	<0.0001
Tto	2	3.48	0.0479

### Promedio.merma.2.d - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
T	32.20	1.25	A
C	28.48	1.19	A
P	27.71	1.42	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.001_Promedio.merma.14.d_REML<-glms(Promedio.merma.14.d~1+Tto
,method="REML"
,na.action=na.omit
,data=R.data00)
```

### Resultados para el modelo: modelo.001\_Promedio.merma.14.d\_REML

Variable dependiente: **Promedio.merma.14.d**

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	128.88	133.42	-60.44	2.91	0.40	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2493.54	<0.0001
Tto	2	7.65	0.0028

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	2509.44	<0.0001
Tto	2	7.65	0.0028

### Promedio.merma.14.d - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
T	30.44	0.97	A
P	30.29	1.10	A
C	25.78	0.92	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Especificación del modelo en R

```
modelo.002_Fuerza.corte.WB.2.d.Promedio_REML<-  
gls(Fuerza.corte.WB.2.d.Promedio~1+Tto  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

## Resultados para el modelo: modelo.002\_Fuerza.corte.WB.2.d.Promedio\_REML

Variable dependiente: **Fuerza.corte.WB.2.d.Promedio**

## Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	108.76	115.57	-48.38	1.33	0.17	

AIC y BIC menores implica mejor

## Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	933.65	<0.0001
Tto	2	3.50	0.0470

## Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	1143.04	<0.0001
Tto	2	3.50	0.0470

Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.73
P	1.19

## Fuerza.corte.WB.2.d.Promedio - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni

Tto	Medias	E.E.	
T	11.53	0.44	A
C	10.69	0.73	A B
P	9.57	0.60	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Especificación del modelo en R

```
modelo.003_Fuerza.corte.WB.14.d.Promedio_REML<-  
gls(Fuerza.corte.WB.14.d.Promedio~1+Tto  
,method="REML"  
,na.action=na.omit  
,data=R.data00)
```

### Resultados para el modelo: modelo.003\_Fuerza.corte.WB.14.d.Promedio\_REML

Variable dependiente: **Fuerza.corte.WB.14.d.Promedio**

### Medidas de ajuste del modelo

N	AIC	BIC	logLik	Sigma	R2	0
26	110.17	116.99	-49.09	1.62	0.06	

AIC y BIC menores implica mejor

### Pruebas de hipótesis marginales (SC tipo III)

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	546.92	<0.0001
Tto	2	0.77	0.4766

### Pruebas de hipótesis secuenciales

	numDF	F-value	p-value
(Intercept)	1	586.63	<0.0001
Tto	2	0.77	0.4766

### Estructura de varianzas

Modelo de varianzas: varIdent  
Formula: ~ 1 | Tto

Parámetros de la función de varianza

Parámetro	Estim
T	1.00
C	1.16
P	1.15

### Fuerza.corte.WB.14.d.Promedio - Medias ajustadas y errores estándares para Tto

LSD Fisher (Alfa=0.05)

*Procedimiento de corrección de p-valores: Bonferroni*

Tto Medias E.E.

T 8.89 0.54 A

C 8.20 0.59 A

P 7.86 0.70 A

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )*



## 9.6 Anexo A6. Calificación de reses

### Coopemontecillos R.L. Calificación de Reses

No. Factura: 185648

Fecha: 20-OCT-14

Código Ganadero 00460 INST. TECNOLOGICO COSTA RICA

#### Canales

Canal	Sexo	Peso	Dientes	Músculo	Grasa	Calificación	Observaciones	Lesiones
10104824	M	298.40	4	1	1	AAA		
10104825	M	313.40	2	1	1	AAA		
10104846	M	310.60	4	1	1	AAA		
10104843	M	324.00	2	1	1	AAA		
10104836	M	291.70	2	1	1	AAA		
10104835	M	286.50	2	1	1	AAA		
10104827	M	327.00	2	1	1	AAA		Lesion costilla o paleta
10104826	M	323.60	2	1	1	AAA		
10104845	M	261.90	2	2	2	AA		
10104834	M	324.80	4	2	1	AA		
10104828	M	316.10	2	2	1	AA		
10104829	M	316.60	2	2	1	AA		
10104848	M	291.40	2	2	1	AA		
10104837	M	269.40	2	2	1	AA		
10104830	M	305.40	2	2	1	AA		
10104832	M	283.60	2	2	1	AA		
10104849	M	264.90	2	2	1	AA		
10104841	M	256.70	2	2	1	AA		
10104842	M	270.10	2	2	1	AA		Golpe Costillas
10104831	M	275.30	2	2	1	AA		
10104838	M	287.90	4	2	1	AA		
10104847	M	256.60	2	3	1	A		
10104844	M	246.00	4	2	1	A		
10104840	M	317.30	2	3	1	A		
10104839	M	326.70	2	3	1	A		
10104833	M	281.80	2	3	1	A		

FL: Leche fuera de calificación.

FC: Carne fuera de calificación.

## 9.7 Anexo A7. Hoja de toma de datos en finca y planta

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**  
**Proyecto Castración y Pseudocastración al nacimiento, Calidad de canal y Canal**  
**Hoja de datos**

Fecha	Hora de llegada					Reposo
N° Animal						
Tratamiento						
Peso finca 18-10						
GD finca						
Marmoleo finca						
Prof muscular fca						
Peso finca 19-10						
Peso en pie						
N° Canal						
Dientes						
Peso CC Kg						
Grasa PR/C Kg						
Conf muscular						
Rend canal %						
Perím pierna cm						
Grasa cobert pulg.						
Grasa cobert mm						
Color grasa						
Peso CF						
Long canal cm						
M, kg						
M, %						
pH 24 Hrs						
Temp 24 Hrs						
AOL pulg <sup>2</sup>						
AOL cm <sup>2</sup>						

