

# **EVALUACIÓN DE NIVELES CRECIENTES DE ENERGÍA EN LA SUPLEMENTACIÓN DE NOVILLOS DE ENGORDE EN PASTOREO**



**JOSÉ IGNACIO RAMIREZ BARBOZA**



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

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2014**

# **EVALUACIÓN DE NIVELES CRECIENTES DE ENERGÍA EN LA SUPLEMENTACIÓN DE NOVILLOS DE ENGORDE EN PASTOREO**



**JOSÉ IGNACIO RAMIREZ BARBOZA**



Trabajo Final de Graduación presentado a la Escuela de Agronomía  
como requisito para obtener el grado de  
licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
SEDE REGIONAL SAN CARLOS**

**2014**

# **EVALUACIÓN DE NIVELES CRECIENTES DE ENERGÍA EN LA SUPLEMENTACIÓN DE NOVILLOS DE ENGORDE EN PASTOREO**

**JOSÉ IGNACIO RAMÍREZ BARBOZA**

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

Ing. Agr. Anthony Valverde Abarca. M.Sc

\_\_\_\_\_  
Asesor Interno

Ing. Agr. Wilfrido Paniagua Madrigal, M.G.A

\_\_\_\_\_  
Jurado

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

\_\_\_\_\_  
Jurado

Ing. Agr. Augusto Rojas Bourrillon. M.Sc.

\_\_\_\_\_  
Asesor Externo

Dr. Carlos Ramírez Vargas. Ph.D

\_\_\_\_\_  
Coordinador

Trabajos Finales de Graduación

---

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

\_\_\_\_\_  
Director

Escuela de Agronomía

**2014**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por guiarme, cuidarme y por darme la sabiduría para culminar esta etapa.

A mis Padres José Elías Ramírez y Adriana Barboza, por sacrificarse, apoyarme incondicionalmente, guiarme, y enseñarme cada uno de los valores que me hacen ser la persona que soy. Además por estar conmigo en los buenos y no tan buenos momentos.

A mis abuelos, por enseñarme cada uno de los valores que necesitaré durante toda mi vida.

A mi hermana Maricruz Ramírez por acompañarme durante toda mi vida, dándome apoyo incondicional y por estar siempre pendiente de mí.

A todos mis familiares por ayudarme a culminar esta importante etapa.

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

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente a Dios por darme la salud, fuerza y sabiduría de culminar esta etapa de mi vida, a pesar de las barreras que se presentaron.

A mis Padres por ser mi mayor orgullo, admiración y ejemplo a seguir.

A Arturo Huertas, William Jeff Huertas, Augusto, Royman, Denis, Ronald, Omar, José, Sailim y Carlos, por haberme ayudado y acompañado durante los 5 meses de la investigación.

Al Ingeniero Anthony Valverde por toda la ayuda, apoyo y dedicación.

A cada uno de los profesores, administrativos, asistentes y trabajadores que influyeron en mi formación académica, en especial a los Ingenieros Augusto Rojas, Olger Murillo, Wilfrido Paniagua y Gilda Muñoz, por toda la ayuda que me brindaron.

A Laura, por estar siempre pendiente de mi trabajo y darme apoyo incondicional.

A mis compañeros, amigos y conocidos, por acompañarme durante todo este tiempo y formar parte importante de mi vida. A cada uno de ellos, que compartieron largas noches de estudio.

A todos y cada uno de ellos, GRACIAS.

## TABLA DE CONTENIDO

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....  | V  |
| ABSTRACT.....  | VI |
| 1. INTRODUCCIÓN.....   | 1  |
| 1.1. Objetivo General .....                                  | 3  |
| 1.2. Objetivos Específicos .....                             | 3  |
| 1.3. Hipótesis: .....  | 3  |
| Hipótesis técnica .....                                      | 3  |
| 2. REVISIÓN DE LITERATURA .....                              | 4  |
| 2.1. Situación Nacional del Sector Ganadero .....            | 4  |
| 2.2. Alimentación de bovinos en el Trópico .....             | 5  |
| 2.3. Cruces raciales .....                                   | 5  |
| 2.4. Metabolismo de los bovinos .....                        | 7  |
| 2.5.1. Lípidos .....   | 7  |
| 2.5.1.1. Utilización de grasa de sobrepeso .....             | 8  |
| 2.5.2. Uso de gluconeogénicos en bovinos.....                | 10 |
| 2.5.2.1. Ciclo de Krebs .....                                | 12 |
| 2.6. Características nutricionales de las pasturas .....     | 14 |
| 2.7. Características de calidad de la canal en bovinos ..... | 16 |
| 2.7.1. Estimulación eléctrica .....                          | 17 |
| 2.8. Factores que afectan la calidad de la canal.....        | 18 |
| 2.8.1. Ganancia Diaria de Peso .....                         | 18 |
| 2.8.2. Mediciones ultrasonográficas.....                     | 18 |
| 2.8.3. Peso de la canal caliente .....                       | 19 |
| 2.8.4. Rendimiento en canal .....                            | 20 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 2.8.5.  | Edad al sacrificio.....                                      | 20 |
| 2.8.6.  | Cobertura de Grasa .....                                     | 21 |
| 2.8.7.  | Conformación muscular .....                                  | 21 |
| 2.8.8.  | Grasa peri renal .....                                       | 22 |
| 2.8.9.  | Espesor de grasa dorsal (EGD) .....                          | 22 |
| 2.8.10. | Marmoleo .....   | 23 |
| 2.8.11. | Área del Ojo del lomo (Longissimus dorsi lumbarum)(AOL)..... | 24 |
| 2.8.12. | Terneza .....  | 24 |
| 3.      | MATERIALES Y MÉTODOS.....                                    | 28 |
| 3.1.    | Localización del experimento .....                           | 28 |
| 3.1.    | Selección de los animales.....                               | 28 |
| 3.2.    | Periodo de la investigación .....                            | 29 |
| 3.3.    | Universo de estudio y tratamientos .....                     | 30 |
| 3.4.    | Manejo de los animales.....                                  | 32 |
| 3.5.    | Diseño Experimental .....                                    | 32 |
| 3.6.    | VARIABLES A EVALUAR .....                                    | 33 |
|         | Primera etapa.....   | 33 |
| 3.6.1.  | Calidad de las pasturas .....                                | 33 |
| 3.6.2.  | Ganancia Diaria de Peso (GDP) .....                          | 34 |
| 3.6.3.  | Consumo del suplemento .....                                 | 35 |
| 3.6.4.  | Mediciones ultrasonográficas.....                            | 35 |
|         | Segunda Etapa (Planta de cosecha Coopemontecillos R.L.)..... | 36 |
| 3.6.5.  | Peso en pie en planta .....                                  | 36 |
| 3.6.6.  | Peso de la canal caliente .....                              | 36 |
| 3.6.7.  | Rendimiento en canal .....                                   | 37 |

|         |   |                                      |
|---------|---|--------------------------------------|
| 3.6.8.  | Edad cronológica .....                                  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| 3.6.9.  | Peso de la grasa peri renal .....                       | 38                                   |
| 3.6.10. | Espesor de grasa dorsal .....                           | 38                                   |
| 3.6.11. | Área del ojo del lomo (AOL).....                        | 39                                   |
| 3.6.12. | Fuerza de corte (kg) .....                              | 40                                   |
| 3.7.    | Análisis estadístico.....                               | 43                                   |
| 4.      | RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                            | 44                                   |
| 4.1.    | Calidad nutricional de las pasturas.....                | 44                                   |
| 4.2.    | Comportamiento biológico de los animales .....          | 45                                   |
| 4.3.    | Pruebas ultrasonográficas.....                          | 49                                   |
| 4.4.    | Características biométricas de las canales .....        | 52                                   |
| 4.5.    | Características asociadas a la calidad de la carne..... | 54                                   |
| 4.6.    | Análisis Multivariado .....                             | 55                                   |
| 5.      | CONCLUSIONES.....                                       | 60                                   |
| 6.      | RECOMENDACIONES.....                                    | 61                                   |
| 7.      | BIBLIOGRAFÍA.....                                       | 62                                   |



## LISTA DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| Cuadro 1. Caracterización de pasturas tropicales según Di Marco (2011) .....  | 16 |
| Cuadro 2. Clasificación de la terneza de la carne bovina según el método Warner Bratzler .....  | 25 |
| Cuadro 3. Composición nutricional de las raciones isoproteicas para novillos de engorde en pastoreo de la Finca La Vega según el tratamiento. ....                                      | 29 |
| Cuadro 4. Niveles de inclusión de las materias primas según el tratamiento para la elaboración de las respectivas raciones. ....  | 31 |
| Cuadro 5. Resultados del análisis bromatológico de acuerdo a la composición química de las pasturas del módulo de engorde de la Finca la Vega, Tecnológico de Costa Rica. ....          | 45 |
| Cuadro 6. Medias ( $\pm$ EE) de las variables evaluadas en la primera fase, según tratamiento y componente racial .....   | 46 |
| Cuadro 7. Aporte de CNF (%) en la ración total (RT) de acuerdo con cada uno de los tratamientos utilizados para la suplementación de novillos en fase de finalización.....              | 47 |
| Cuadro 8. “Puntuaciones numéricas sugeridas para el grado de calidad y marmoleo según la BIF.....   | 50 |
| Cuadro 9. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las ultrasonografías evaluadas en la finca La Vega, Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos, según el tratamiento y componente racial. .... | 50 |
| Cuadro 10. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las variables evaluadas en la planta de matanza Coopemontecillos R.L, según el tratamiento y componente racial                               | 52 |
| Cuadro 11. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las variables asociadas a calidad de la carne, según el tratamiento y componente racial.....   | 54 |
| Cuadro 12. Vector de medias del análisis multivariado para los conglomerados según las variables evaluadas de las canales bovinas. ....   | 58 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| Figura 1 Descripción gráfica de las reacciones del ciclo de gluconeogénesis según Teijón (2006).....  | 11                                   |
| Figura 2. Descripción de las reacciones catalizadas por los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs según Ferrario (2012).....   | 13                                   |
| Figura 3. Distribución de tratamientos utilizando cerca eléctrica en módulo de finalización de novillos en Finca La Vega, ITCR. ....  | 31                                   |
| Figura 4. Croquis del diseño de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.  | 32                                   |
| Figura 5 A) Diseño de los 21 potreros del módulo con su respectiva área (m <sup>2</sup> ). B) Cuadrícula de 0,25 m <sup>2</sup> para la recolección de sub muestras de forraje para el análisis bromatológico. .... | 34                                   |
| Figura 6. Recolección y pesaje de sobrante de la ración después de 45 minutos de ser consumida por los animales.....  | 35                                   |
| Figura 7. Ultrasonografías <i>in vivo</i> utilizando ecógrafo Aloka SSD 500 .....   | 36                                   |
| Figura 8. A) Desangrado de animales utilizando estimulación eléctrica. B) Desprendimiento de cuero, cabeza y extremidades. C) Eviscerado de animales. ....  | 37                                   |
| Figura 9. Estimación de edad en bovinos por medio de la aparición y desgaste de los dientes (Luz 2011) .....  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| Figura 12. A) Canal con tejido adiposo en el área pélvica inguinal. B) Remoción de tejido adiposo. C) Pesaje del tejido adiposo.....  | 38                                   |
| Figura 13. Medición del grosor de grasa de las canales utilizando una regla graduada en milímetros del USDA.....  | 39                                   |
| Figura 15. Medición del área del ojo del lomo utilizando plantilla del USDA.....  | 39                                   |
| Figura 16. Almacenamiento y refrigeración de muestras de lomo ancho ( <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> ).....  | 40                                   |
| Figura 17. Preparación de sub muestras previo a la cocción. ....  | 41                                   |
| Figura 18. Proceso de cocción de las sub muestras de <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> . ....   | 42                                   |
| Figura 19. Preparación de los cilindros para medición de fuerza de corte en sub muestras de <i>Longissimus dorsi lumbarum</i> . ....  | 42                                   |

Figura 20. Grafico bivariado de los dos primeros componentes principales para las variables seleccionadas según el tratamiento (nivel energético) y el componente racial. .... 56

Figura 21. Agrupamiento de los conglomerados (según tratamiento y componente racial), con base en el conjunto de variables analizadas. .... 57

## RESUMEN

Se evaluó el efecto del componente racial y la suplementación energética en novillos en etapa de finalización en pastoreo sobre características productivas, calidad de la canal y fuerza de corte (kg). El periodo de evaluación fue de 144 días. La investigación se realizó en la finca “La Vega” ubicada en el cantón de San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Se utilizó un total de 26 animales distribuidos en tres tratamientos, T<sub>0</sub> (3,2 Mcal), T<sub>1</sub> (3,4 Mcal) y T<sub>2</sub> (3,67 Mcal). Se evaluaron características productivas (ganancia diaria de peso (GDP) y peso final), características *in vivo* de calidad de la canal (marmoleo, profundidad muscular y grasa dorsal), características de calidad de la canal en planta de cosecha (rendimiento en canal, espesor de grasa dorsal (EGD), edad dentaria, peso de grasa peri renal y área del ojo del lomo (AOL)) y finalmente la fuerza de corte (FC) como parámetro de calidad de carne. No se encontraron diferencias ( $p>0,05$ ) para características productivas ni calidad de la canal. Se encontró un efecto del componente racial sobre la calidad de carne ( $p<0,05$ ), en donde los animales europeos presentaron carnes con mayor suavidad en un periodo de maduración de 14 días. Además, se encontró que la inclusión de materias primas amiláceas en raciones totales mejoran las características de calidad de la carne.

## ABSTRACT

The effect of racial component and energy supplementation steers grazing on production traits, carcass quality and cutting force was evaluated. The evaluation period was 144 days. The research was conducted in “La Vega” farm, this is located at San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Used a total of 26 animals divided in three treatments, T<sub>0</sub> (3,2 Mcal), T<sub>1</sub> (3,4 Mcal) y T<sub>2</sub> (3,67 Mcal). Productive characteristics were evaluated (daily gain (ADG) and final weight), characteristics *in vivo* carcass quality (marbling, muscle development and backfat), characteristics of carcass quality in slaughter (dressing percentage, backfat thickness (BFT), dental age, weight, perirenal fat and longissimus eye area (LEA)) and finally cutting force (CF) as a quality parameter of meat. No differences ( $p > 0.05$ ) for production traits and carcass quality were found. An effect of racial component was found on meat quality ( $p < 0.05$ ), where European animals had smoothly meat in a maturation period of 14 days was found. It was also found that the inclusion of starchy raw materials in total ration performance enhancing meat quality.

# 1. INTRODUCCIÓN

La ganadería bovina de carne en Costa Rica es una de las actividades económicas más importantes y afectadas en los últimos años, donde a partir de la década de los ochenta el proceso de expansión ganadera ha cambiado por la necesidad de intensificar y hacer más eficiente la actividad (Saborío 1997). La fluctuación del precio de los canales, el incremento de los precios de las materias primas, disminución del área para la producción, el creciente y demandante mercado, y el inadecuado manejo de los sistemas son algunos de los factores que han agravado la situación, así lo menciona Holmann *et al.* (2007), resaltando que esta actividad representa el 11 % del PIB nacional, encadenándola económicamente con otros sectores y reflejándose positivamente en la generación empleo, ingresos, divisas y crecimiento económico general.

Sin embargo, el sector cárnico ha venido en franco declive desde mediados de la décadas de 1980, con un decrecimiento de la producción del 0,1 % anual durante los últimos 20 años, a pesar de la liquidación del inventario que bajó de 2,3 millones de cabezas en 1985 a 1,1 millones en 2004 (Holmann *et al.* 2007), situación que se mantiene hoy en día, en donde la disminución y la baja carga animal (Unidades animales(UA)/ha) continúan afectando la productividad del sector. Según datos del censo realizado por CORFOGA (2007), en el año 2000 a nivel nacional se manejaba una carga animal entre 0,6-0,9 UA/ha. Del mismo modo la extensión forrajera para 1988 representaba el 48 % del territorio nacional, para el año 2000 está representaba el 27 % del territorio, en donde se nota la constante disminución del área por diversos factores (CORFOGA 2007).

Arce (2012), señala que el calentamiento global y cambio climático, alto costo en insumos de la alimentación y producción, la demanda creciente, la aguda competencia en los mercados y la urgente diferenciación en los mercados y en el campo tecnológico, son los factores limitantes más claros de la ganadería hoy en día, apoyado por Hidalgo (1999) y Rodríguez (2014), los factores que más condicionan la producción de ganado de carne en Costa Rica son las pasturas de mala calidad (baja disponibilidad de forraje en las épocas críticas), la nutrición animal, el desconocimiento sobre el manejo adecuado del hato y la degradación continua de la fertilidad de los suelos. Estos son inherentes a la finca y pueden

mejorarse si se aplica la tecnología adecuada y se da un cambio de actitud por parte del sector pecuario y que permita con esto la incursión en los mercados competitivos.

Aunado a la declinada situación, la producción y alimentación bovina en Costa Rica está basada principalmente en pastoreo lo que la hace estrictamente dependiente de la cantidad, calidad y disponibilidad del mismo, lo cual se refleja en los parámetros reproductivos, productivos y calidad de la canal (Murillo 2003).

Tal y como lo menciona Holmann *et al.* (2007) y Rodríguez (2014), las producciones cárnicas has presentado un descenso cercano al 0,1 % anual debido entre varias razones al efecto producido por la sustitución de las áreas de pasturas por cultivos en auge como la piña, melón y naranja.

Debido a lo anterior, este proyecto tiene como fin la evaluación de la suplementación animal, orientada al mejor rendimiento de la productividad animal y de la calidad de la carne.

### **1.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de tres niveles crecientes de energía digestible en la suplementación de dos grupos raciales de novillos de engorde en pastoreo.

### **1.2. Objetivos Específicos**

1. Determinar el efecto de tres niveles de energía digestible sobre características productivas en dos grupos raciales.
2. Determinar el efecto de tres niveles de energía digestible sobre características de calidad de canal en dos grupos raciales.
3. Determinar el efecto de tres niveles de energía sobre característica de calidad de carne en dos grupos raciales.

### **1.3. Hipótesis:**

#### **Hipótesis técnica**

La suplementación con mayor cantidad de energía digestible (ED) en novillos de engorde en pastoreo y con mayor proporción de genes *Bos Taurus* presenta mejores parámetros productivos y características de la canal.



## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Situación Nacional del Sector Ganadero

El sistema de producción de carne está caracterizado mayormente por la presencia de animales de tipo cebuino, sin dejar de lado los animales europeos y la mezcla de ambos, además cuenta con la presencia de actividades como la cría, desarrollo y engorde; y la actividad lechera, la cual utiliza razas especializadas (Holstein, Jersey) y no menos importante el sistema doble propósito (CORFOGA 2007). Respaldo por Madrigal y Fallas (2013) y citado por Rodríguez (2014) el país cuenta con 45 780 fincas dedicadas a actividades ganaderas, siendo la región Huetar Norte la zona que mayor representa con un total de 26,3%, seguido por la región Central con un 20,8 % y la Huetar Brunca con un 16,2%; En cuanto a la actividad principal que se desarrolla en dichas fincas un 38% de estas se dedica a la ganadería de doble propósito, un 34,1 % a la ganadería de carne, un 20,9 % a la ganadería de leche y el restante 7,1 % se dedica a la selección y pie de cría. Sin embargo, la reducción de los hatos se está convirtiendo en una amenaza para el sector, siendo el hato de carne el que presente la mayor pérdida de hembras al pasar de aproximadamente de 649 mil en el año 2000 a 230 mil en el 2006 y finalmente menos de 200 mil para el 2007 (CORFOGA 2007).

Según el censo realizado por CORFOGA (2007), se encuentran diferencias en cuanto a la carga animal en las cinco regiones del país, en donde la región Central y la Huetar Norte presenta los valores más altos (0,94 y 0,88 UA/ha respectivamente) situación que se debe al uso más intenso de la tierra por la presencia de la actividad lechera. La región Atlántica posee un resultado superior al promedio (0,78 UA/ha) debido a las condiciones climáticas y suelos que permiten una buena producción de forraje. Por otro lado la región Chorotega, Pacífico Central y Brunca poseen los valores más bajos (0,68, 0,72 y 0,64 UA/ha respectivamente) por factores como sequías estacionales que impiden el crecimiento del recurso forrajero y la presencia de menor actividad lechera.

## **2.2. Alimentación de bovinos en el Trópico**

La producción de carne de bovinos en América Latina se basa en el pastoreo, la mayoría de las veces con bajo valor nutricional, lo que provoca una baja eficiencia en la conversión del alimento a productos de origen animal. Por otra parte, las variaciones estacionales de precipitación, horas luz y temperatura, influyen en la disponibilidad y contenido de nutrientes de las pasturas. Estas variaciones hacen que sea necesaria la suplementación con insumos externos para mantener los niveles de producción. Los bajos niveles de producción animal y la alta demanda de productos cárnicos ha llevado a los ganaderos a incrementar las áreas de pastos para responder a dicha demanda, en donde la baja calidad de los pastos, la pobre fertilidad de los suelos tropicales y el mal manejo de la explotaciones, conducen a baja productividad, al sobrepastoreo y a la degradación de los suelos. Lo anterior ha llevado a establecer un nuevo esquema para la producción animal mediante la búsqueda de alimentos de mayor valor nutricional, como por ejemplo, el uso de raciones balanceadas para suplir parte de los requerimientos diarios de los animales (González 1996).

A partir de los años 70's en Costa Rica se ha observado la importación y formulación de productos para la alimentación y suplementación de los animales (Quirós 2006), es por ello que Kucsevsa y Balbuena (2012) definen la suplementación como la acción de administrar un alimento o mezcla de alimentos que se agregan a otro que se llama ración base, con el fin de incrementar la producción animal, mejorar la utilización de las pastura y cubrir los requerimientos básicos de los animales. Es ahí donde la utilización de minerales, fuentes proteicas, proteicas- energéticas y energéticas ayudan a mejorar las condiciones antes mencionadas.

## **2.3. Cruces raciales**

La productividad de un sistema de producción de carne es la cantidad de kilogramos de peso vivo producido en la finca y está directamente relacionada con el precio obtenido al final. La misma a su vez, está determinada por el número y el peso de los animales, los cuales son el resultado del balance de los componentes principales como la alimentación, sanidad, manejo y genética” (Muñoz y Deaton 1976). Este último aspecto, representa tanto el aporte

del genetista, como el del productor, siendo los sistemas de cruzamiento una de las herramientas para lograr el mejoramiento genético de los hatos nacionales. En nuestro sistema de producción, el cruzamiento es uno de los procesos de mejora genética más utilizado para adaptar los individuos a las cambiantes condiciones edafoclimáticas, en donde se realizan cruces de animales *Bos Indicus X Bos Taurus* con el fin de lograr adaptación climática y obtener mejor productividad en los sistemas.

En el trabajo realizado por Holgado y Rebas (1999), Espasandín y Ducamp (2004), Oñoro (2009), mencionan que el cruzamiento entre razas es un método simple para aumentar la salud y la eficiencia de los animales, por medio de la introducción de genes favorables de otras razas, removiendo la depresión causada por la consanguinidad y manteniendo la interacción entre genes que causan la heterosis. Así mismo, Muñoz y Deaton (1976) describen que desde años atrás, es el proceso más rápido, donde los resultados se obtienen a partir de la progenie producida del cruce entre dos razas distintas, en donde predomina la heterosis en los individuos. Los mismos resaltan que en los ambientes tropicales y subtropicales de América Latina, el uso de cruzamientos es el proceso más adecuado para el mejoramiento de la población ganadera, ya que permite la producción de animales con buenas características de crecimiento y reproducción de las razas europeas, así como rusticidad y adaptación de las razas cebuínas y criollas que forman la población existente en el Trópico.

Según Guerra *et al.* (2009), el ganado Cebú o *Bos indicus* ha mostrado una gran adaptabilidad a nuestras condiciones tropicales, esto se debe en gran medida a la alta adaptabilidad que este posee a las altas temperaturas, además de su resistencia a parásitos y enfermedades. Sin embargo, presentan características no deseables como el alto nerviosismo, la baja fertilidad además de su baja calidad en la producción cárnica. Por ello se ha intentado mejorar estas características mediante la introducción de genes a través de cruzamientos. Los esquemas de cruzamiento, maximizan la respuesta genética deseada mediante la heterosis, complementariedad y aptitudes combinatorias, lo que al final significa producir animales de mejor calidad o de alto valor agregado.

El mismo autor resalta que las características de la canal de animales en pastoreo adicionando suplementación en cruces de animales *Bos indicus x Bos Taurus*, son mayores que en animales *Bos indicus x Bos indicus*, por ejemplo en el porcentaje de rendimiento en

canal se obtiene cerca del 57 % en animales cruzados que en animales puros (54 %), esto se debe a la heterosis que presentan los animales *Bos indicus* x *Bos taurus* y a la complementariedad de las características deseadas.

## **2.4. Metabolismo de los bovinos**

El metabolismo se divide en catabolismo (fase degradativa) y el anabolismo (fase de síntesis). En la primera se degradan los nutrientes (carbohidratos, lípidos, proteínas) provenientes del medio externo o de los depósitos de la célula liberando energía en forma de adenosín trifosfato (ATP). La segunda es la fase constructiva o biosíntesis en donde se originan compuestos como polisacáridos, ácidos nucleicos, proteínas y lípidos por la acción de la hidrólisis del ATP (Teijón 2006).

### **2.5.1. Lípidos**

Los lípidos son compuestos que intervienen en la producción de energía, dentro de los cuales se encuentran las grasas y compuestos afines como los fosfátidos, esteroides y otros. Sin embargo, las grasas son consideradas más importantes en la alimentación de los animales siendo el ácido palmítico, esteárico, palmítico, oleico y araquidónico los presentes en la grasa de los animales y vegetales. Por otro lado, se encuentran presentes en los granos el ácido linoleico y linolénico (Maynard 1976).

Como la mayoría de los lípidos son triglicéridos, al desdoblarse en el tubo digestivo producen ácidos grasos y glicerol, producidos por la acción hidrolítica de la lipasa intestinal y ayudada por la bilis como agente emulsificador. La grasa absorbida entra en la circulación por medio del ducto torácico, la cual por medio del hígado se deposita como reserva o es consumida para generar energía (Maynard 1976).

Los microorganismos ruminales modifican sustancialmente los lípidos consumidos. El primer paso de la digestión de las grasas en el rumen consiste en procesos de hidrólisis por lipasas bacterianas, y como principales productos de la hidrólisis se liberan ácidos grasos y glicerol, sumados a alcoholes aminados derivados de los fosfolípidos y galactosa de los galactolípidos. Estos últimos junto con el glicerol son metabolizados y convertidos en ácidos grasos volátiles (AGV), que se absorben por la pared ruminal (Mattioli y Relling 2007).

Según el metabolismo de los AVG mencionado por Mattioli y Relling (2007), se distribuyen de la siguiente forma: una pequeña cantidad de acetato puede ser utilizada como fuente energética en la mucosa, pero la gran mayoría pasa a la circulación portal, desde la cual será captado un 20 % por el hígado y el resto pasará a la circulación general para ser tomado por otros tejidos. El propionato, una fracción es degradada o convertida en lactato antes o durante su absorción. El resto del propionato pasa a la circulación portal y un 95% es captado por el hígado para la producción de glucosa. El butirato absorbido es convertido casi en su totalidad en betahidroxibutirato en la propia mucosa ruminal. Este cuerpo cetónico, junto a la pequeña cantidad de butirato que queda, pasa a la circulación portal, y finalmente la glucosa absorbida en el intestino llega generalmente en forma de almidón, ya sea libre o bien dentro de los protozoos.

Es importante resaltar que los AGV pueden ser usados como fuente energética directa en cualquier tejido, ingresando como acetil-CoA al ciclo de Krebs, o bien ser empleados para sintetizar ácidos grasos, por lo cual se los considera lipogénicos (Mattioli y Relling 2007).

#### **2.5.1.1. Utilización de grasa de sobrepaso**

Según Kucsevsa y Balbuena (2012) la suplementación energética se debería de utilizar sobre pasturas de baja y alta calidad, las cuales contengan alto contenido de proteína con el objetivo de balancear la ración de los animales, manteniendo una adecuada ganancia diaria de peso (GDP). Para este fin se utiliza principalmente el almidón de los granos ya sea de maíz o sorgo, o la grasa de subproductos.

La utilización de grasas de sobrepaso o “*By pass*” en la producción animal ha sido principalmente en la producción láctea, actuando sobre el desbalance energético en la vaca lechera de alta producción en la etapa post parto. Debido a limitantes como el volumen, no es posible satisfacer las necesidades nutricionales, fisiológicas, productivas y reproductivas con cereales y forrajes, tanto en la actividad lechera como cárnica, por lo que se utiliza un componente energético altamente concentrado (Fenzo 2005).

Tal y como lo menciona Fenzo (2005), con la utilización de grasas de sobrepaso se puede lograr un aumento de hasta un 5 % en la producción láctea, aumento de la fertilidad post parto, prolongación de la curva de lactancia, reducción de la frecuencia y de la profundidad de las hipocalcemias e hipoglicemias post parto, mejor condición y brillo de pelaje,

distribución y depósito de grasas corporales (marmoleo) y terminación rápida del ganado en el momento que se desee acelerar el engrasamiento para el sacrificio.

La suplementación con grasas de sobrepaso se presenta como una alternativa para incrementar la densidad energética en la ración suministrada a los bovinos, sin comprometer la actividad celulolítica de las bacterias, al haber sido sometidas a procesos previos que les permiten ser inertes en el rumen y ser totalmente digestibles en el tracto intestinal inferior (García 2012).

El uso de grasa de sobrepaso se da comúnmente para aumentar la densidad energética de la ración, pero actualmente se ha extendido su importancia a la composición de ácidos grasos, con el fin de manipular las ganancias de peso, la calidad de la carne, la reproducción y los parámetros metabólicos en los bovinos. Tal y como lo menciona Díaz *et al* (2009) y Hernández y Díaz (2011), en la suplementación utilizando grasa de sobrepaso, se puede incorporar mayor cantidad de ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) en la dieta, lo que genera no solo un aporte energético, sino también, efectos no energéticos beneficiosos relacionados con el impacto que tienen estos AG sobre el metabolismo, la respuesta hormonal e inmunológica. El efecto energético está relacionado con la mayor cantidad de energía que aportan los lípidos, lo que contribuye a disminuir cualquier desbalance energético en el animal.

Generalmente se recomienda el uso de lípidos de origen vegetal por su composición de ácidos grasos insaturados, mientras que se censura el uso de cebo animal por su alto contenido de ácidos grasos saturados los cuales se tornan indigestibles en el intestino (García 2012).

La suplementación con grasa de sobrepaso permite disminuir la concentración de ácidos grasos libres previniendo la incidencia de cetosis, pues los ácidos grasos de cadena larga son absorbidos dentro del sistema linfático sin pasar por el hígado, proporcionando así, energía para los tejidos.

Además García (2012) establece que el suministro de esta grasa participa en el aumento de peso, ayudando a los animales a mantener y/o aumentar la condición corporal, evitando la movilización de reservas de grasa. El perfil de ácidos grasos en la dieta puede determinar características físicas, organolépticas y nutricionales de la carne.

### **2.5.2. Uso de gluconeogénicos en bovinos**

La mayor parte de los tejidos necesitan del suministro de glucosa. Si las cantidades con la alimentación son insuficientes, la concentración de glucosa en la sangre puede mantenerse durante cierto tiempo por medio de la degradación del glucógeno hepático. Cuando dicha reserva se agota, se pone en marcha la síntesis de “novo” de la glucosa por medio del hígado (en mayor parte) y órganos renales, proceso llamado gluconeogénesis. Los principales precursores para la biosíntesis de este proceso son los aminoácidos del músculo, lactato producido por los eritrocitos y el músculo en déficit de oxígeno, y finalmente el glicerol producido de la degradación de los ácidos grasos (Koolman y Rohm 2004).

En la gluconeogénesis deben suceder tres reacciones para la producción de glucosa a partir del ácido pirúvico (Figura 1): la formación de fosfoenolpiruvato, de fructuosa 6-fosfato y la formación de glucosa. La primera es conseguida a través de una secuencia de reacciones en cooperación de enzimas del citoplasma y de la mitocondria, y catalizada por la piruvato carboxilasa mitocondrial (activada en presencia de Acetil CoA, y unida covalentemente a la coenzima biotina). La segunda reacción se realiza por la enzima fosfofructoquinasa para la síntesis de glucosa 6-fosfato. Esta última es hidrolizada a glucosa por la enzima glucosa 6-fosfatasa (Teijón 2006).

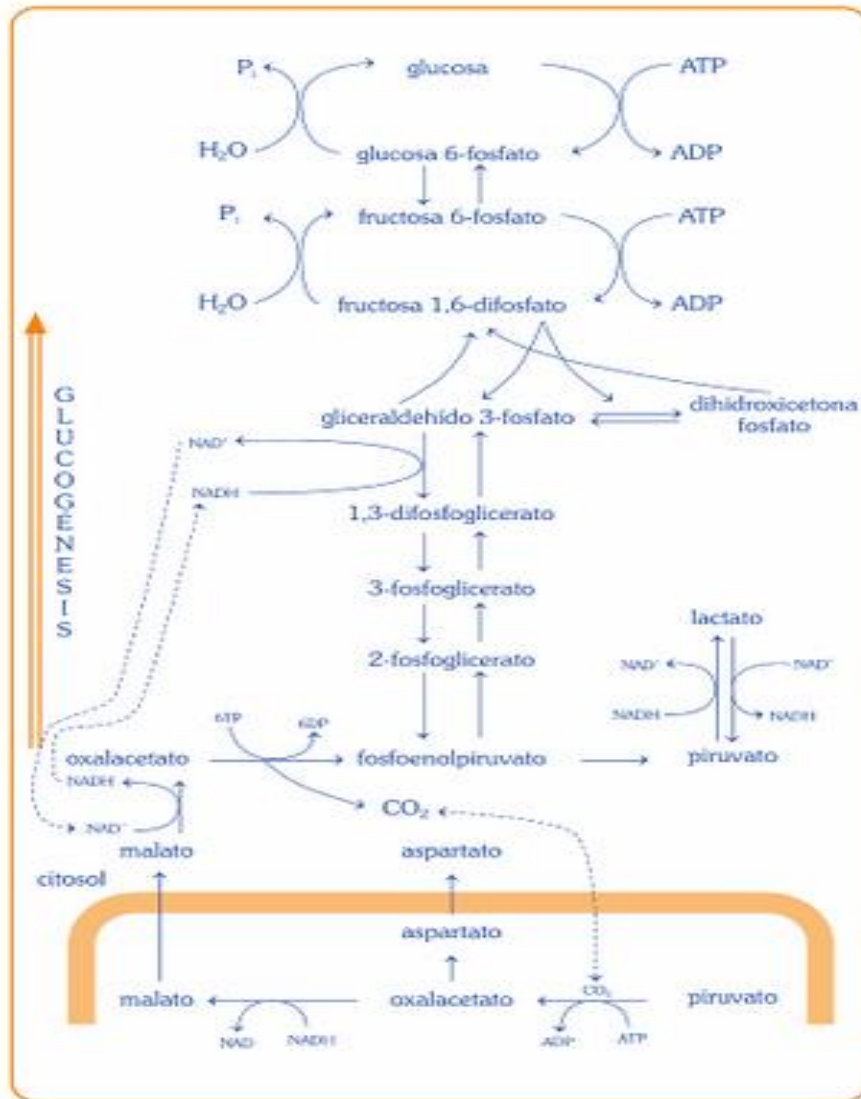


Figura 1 Descripción gráfica de las reacciones del ciclo de gluconeogénesis según Teijón (2006)

Tal y como se mencionó anteriormente, otra forma de suplir la necesidad energética de los animales es el uso de sustratos gluconeogénicos por medio de la gluconeogénesis, estos sustratos proveen a los animales de precursores de glucosa (propionatos, lactatos, glicoles y aminoácidos) y son un sustituyente parcial o total de las grasas animales (sebo) o vegetales (aceite) (PREPEC 2011).

Entre los productos gluconeogénico que reúne las características mencionadas anteriormente son los que poseen el 1,2 Propanodiol, el cual disminuye el periodo de



aceptación en los corrales, aumentan la velocidad de GDP, mejoran la calidad de la carne, mejoran los rendimientos en canal y aumentan la resistencia al estrés debido al transporte de los animales (PREPEC 2011).

Breckenridge y Czerkowski (1972) demostraron que el 1,2-propanodiol es una sustancia gluconeogénica y que su administración a animales rumiantes resulta en un aumento de la glucosa en la sangre y en la producción de ácido propiónico en el rumen. Así mismo, concluyeron que una gran proporción de 1,2 Propanodiol es absorbida en el rumen y otra parte se metaboliza a ácido propiónico, otra sustancia glucogénica.

Según Black *et al.* (1967), el 1,2 Propanodiol es un gluconeogénico que se utilizó para la terapia de la cetosis bovina, además los mismos demostraron que este gluconeogénico se metaboliza a través de intermedios como el piruvato y oxalacetato induciendo a la producción de glucosa.

En los resultados obtenidos por Breckenridge y Czerkowski (1972), a la hora de incubar el rumen de ovejas con 1,2 Propanodiol observaron el aumento de la producción del ácido propiónico cuando lo adicionaron a una ración de alimento balanceado.

### **2.5.2.1. Ciclo de Krebs**

El ciclo de Krebs (Figura 2) participa en procesos catabólicos y anabólicos. El mismo proporciona alfa cetoglutarato y oxalacetato para la síntesis de glutamato y aspartado. Las dos moléculas de piruvato obtenidas de la glucólisis de la glucosa son catalizadas por un complejo enzimático (*piruvato deshidrogenasa*) localizada en la mitocondria en células eucariotas y en el citoplasma de células procariotas.

El piruvato pierde el grupo carboxilo como  $\text{CO}_2$  y los dos carbonos restantes unidos a la Coenzima A conforman el Acetil CoA, reduciendo el NAD a NADH que a su vez cede los iones hidronio a los transportadores de cadena respiratoria para la formación de tres ATP. Seguidamente, el Acetil CoA se condensa con el oxalacetato y genera citrato, a través de siete reacciones de oxidación y descarboxilación se genera nuevamente oxalacetato capaz de iniciar de nuevo el ciclo. Finalmente, en cuatro reacciones del ciclo ocurre la oxidación de intermediarios y reducción de coenzimas de cadena respiratoria: tres NAD y una FAD. Estas moléculas reducidas se reoxidan y parte de la energía liberada se usa para fosforilar el ADP a

ATP. En el ciclo se produce la fosforilación a nivel de sustrato que produce un Guanosin Trifosfato (GTP) que equivale energéticamente a un ATP (Monza 2010).

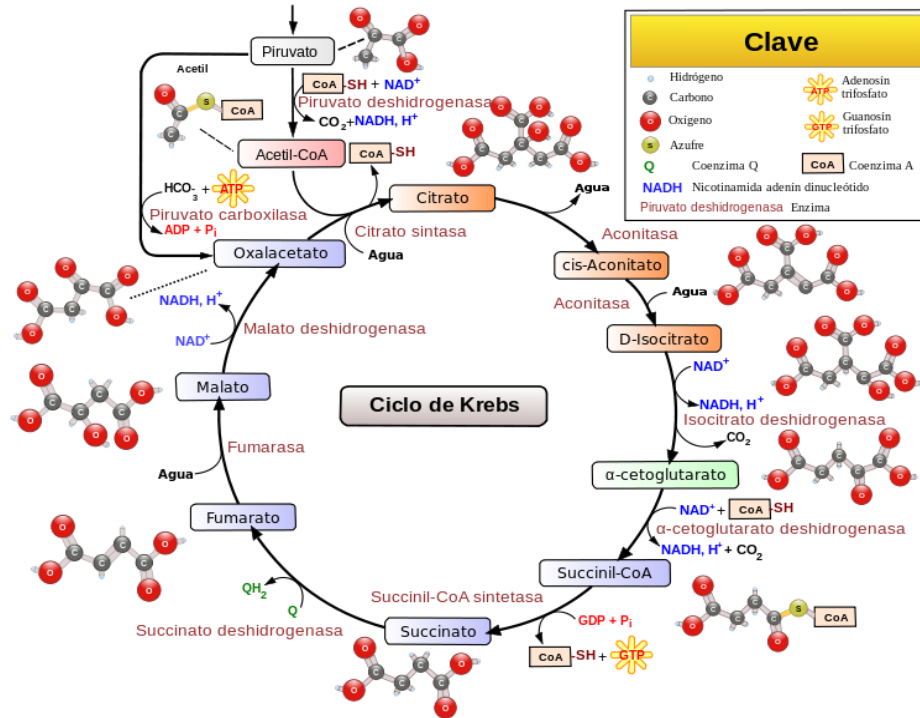


Figura 2. Descripción de las reacciones catalizadas por los átomos de carbono en el ciclo del ácido cítrico o ciclo de Krebs según Ferrario (2012).

Por otra parte, en los rumiantes, los microorganismos del rumen producen AGV a partir de la fermentación de los alimentos ingeridos. El AGV producido mayoritariamente es el ácido propiónico. Esta molécula mediante dos reacciones produce succinil CoA. A partir de esta molécula el hígado puede generar glucosa por gluconeogénesis. La succinil-CoA ingresa al ciclo de Krebs y mediante tres reacciones, es transformada en malato, que puede salir de la mitocondria por transportadores específicos. Una vez en el citoplasma el malato es convertido en oxalacetato que, mediante el proceso metabólico brinca la reacción irreversible de Piruvato a PEP, y puede sintetizar glucosa por glucogénesis (Figura 3) (Monza 2010).

## **2.6. Características nutricionales de las pasturas**

Tal y como lo menciona Araya y Boschini (2004), hoy en día, debido a la competitiva producción que existe en el sector agropecuario, los productores se encuentran obligados a realizar un uso más eficiente de los recursos que poseen, como por ejemplo, intensificando la producción por unidad de área. Dicha preocupación se enfoca en la búsqueda de materiales forrajeros que satisfagan las necesidades nutricionales de los animales, y a su vez, establecer un sistema que les permita el abastecimiento de forraje durante toda la producción, ya que el mismo representa el recurso de menor costo para la producción.

En la producción de animales en pastoreo se deben de tomar en cuenta tanto factores internos como externos, dentro de los externos se encuentra la estación seca y lluviosa, ya que la misma tendrá efecto con respecto a la calidad y disponibilidad del forraje. Por otro lado, se encuentran los internos, en donde la etapa fisiológica de la planta determinara la cantidad de carbohidratos no estructurales como reserva energética para el crecimiento y el área foliar. (Araya y Boschini 2004).

En nuestro país, en la actividad ganadera predomina el uso de pasturas como principal fuente de alimento, las cuales dependen en gran medida de la cantidad y calidad del forraje producido y de la capacidad el animal para cosecharlo y utilizarlo eficientemente, siendo la cantidad de alimento consumido el principal factor que determina la productividad.

Según Galli et al. (1996), el consumo en pastoreo es muy variable y puede estar regulado por factores inherentes a la pastura, el animal y el ambiente. Los cambios en la calidad, la cantidad y la distribución del forraje disponible tienen un efecto importante, en donde la calidad está relacionada con características físicas y químicas, y a la vez afecta directamente el consumo y su tasa de pasaje, y por otro lado, el consumo voluntario de forrajes está relacionado positivamente con la digestibilidad de la materia seca.

El mismo autor resalta, que desde el punto de vista químico los factores que influyen en el consumo son: fracciones relacionadas con la cantidad y composición de la fibra en la planta, fracciones que son nutrientes esenciales para la población microbiana del rumen (proteína degradable, azufre, sodio, fósforo) y los componentes tóxico. En cuanto mayor sea la edad de las pastura, mayor será la proporción de pared celular (fibra), reduciendo la proteína y los carbohidratos solubles del contenido celular, y afectando directamente el consumo.

Según Van Soest (1993) los pastos tropicales tienen menos digestibilidad que los de clima templado, en donde el 52 % de estos está por debajo de 55 % de Total de Nutrientes Digestibles (TND), en comparación con solo 4 % que poseen los pastos templados, además las plantas tropicales tienen una mayor tasa de lignificación, lo cual disminuye la digestibilidad.

Según Van Soest (1993) y Hernández y Bolaños (2007), la materia seca se incrementa conforme avanza la edad o crecimiento de la planta, siendo mayor la tasa de crecimiento de las especies tropicales cuando se registra la máxima precipitación pluvial, sin dejar de lado que hay menor producción de materia seca en la época de escasa precipitación pluvial (época Seca), como lo es el caso de algunas variedades de pastos (*Brachiaria dictyoneura*, *B. decumbens*) que pasan de 1-2 % de materia seca a 10-12 % de materia seca en época lluviosa.

Por otra parte, a medida que se prolonga la edad de corte la producción de biomasa aumenta y se reduce el contenido de proteína, tal y como lo menciona Van Soest (1993); Vergara y Araujo (2006) y Hernández y Bolaños (2007), donde realizaron estudios en forrajes con distintas edades de corta, en donde resalta que la PC se relaciona negativamente con la edad y contenido de materia seca.

Los mismos autores mencionan, el hecho de considerar únicamente el contenido de proteína puede resultar erróneo, ya en la época de máxima precipitación pluvial del año se ha reportado una disminución en el contenido de proteína durante el crecimiento de las pasturas. Por ello, algunos autores planteaban que al tener una menor reducción, el contenido de proteína se concentra en la época de mínima precipitación pluvial del año. Por el contrario, al sufrir una mayor reducción, el contenido de PC sufre una dilución. Así mismo, tras estudios realizados, demostraron que el incremento en edad de los pastos tropicales, resulta que el contenido de proteína se reduce al aumentar la producción de materia seca, por lo que concluyen que el contenido de proteína está relacionado con el genotipo y el ambiente.

Van Soest (1993) resalta que las pasturas tropicales poseen un rango muy bajo de Fibra Detergente Neutra (65 – 80 %). El mismo recalca, que un valor de 7 % de PC es el necesario para que los microorganismos del rumen llenen sus requerimientos, además el valor real que necesitan los mismos es del 12 %, pero la saliva reciclada adiciona alrededor de un 5 %, por lo que una pastura con 7 % de PC ya es suficiente para llenar los requerimiento del rumen.

Según Di Marco (2011) y Rodríguez (2014), para que un forraje sea considerado de alta o baja calidad, calidad debe cumplir con ciertos parámetros, como los mencionados en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Caracterización de pasturas tropicales según Di Marco (2011)

| Parámetro  | Alta calidad | Baja calidad |
|--|--------------|--------------|
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de materia seca (DIVMS) | 70%          | <50%         |
| Fibra neutro detergente (FND)                          | <50%         | >65%         |
| Fibra ácido detergente (FAD)                           | >50%         | -            |
| Proteína bruta (PB)                                    | >15%         | <8%          |

### 2.7. Características de calidad de la canal en bovinos

La calidad es un término amplio, y que se refiere no solo a las cualidades organolépticas en este caso de la carne, sino también, a la inocuidad y al valor nutricional de la misma. Sin embargo, los consumidores alrededor del mundo asocian el término calidad con ternera de la carne como la principal característica (Rodríguez *et al.* 2009).

Son muchos los factores que se relacionan con la ternera de la carne incluyendo los inherentes a la genética de los animales. Diversos estudios han demostrado que los animales nativos del trópico *Bos indicus* por su adaptabilidad y resistencia a estas condiciones se les asocia también con la producción de carne dura. Otros estudios señalan características que antagonizan con la ternera de la carne en nuestras condiciones, como son las dietas bajas en energía (base de pastos), la genética y por ende baja capacidad de acumular grasa intramuscular, lo que conocemos como marmoleo, así como animales que presentan altos niveles de calpastatina, la cual es una enzima proteolítica que inhibe la acción de la calpaína (promotora del ablandamiento de la carne) (Rodríguez *et al.* 2009).

Tal y como lo menciona Rodríguez *et al.* 2009 la calidad de la carne bovina se puede definir como el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento que permiten brindar al consumidor un producto diferenciado que satisface sus expectativas. Se asocian tres categorías asociadas a la calidad de la carne: a) la calidad sensorial, medida por sus características organolépticas tales como la ternera, el color, el sabor y la jugosidad, b) La calidad nutricional, dictada mayormente por la composición química y c) la calidad higiénico-sanitaria o seguridad del alimento.

Es importante resaltar que la variación en la calidad de la canal depende de muchos factores, tales como manejo, alimentación, edad, sexo, transporte, entre otros. Dentro de las características de la canal se encuentran el rendimiento, espesor de grasa dorsal, marmoleo, profundidad del músculo, edad cronológica, cobertura de grasa, peso de grasa peri renal y pH post mortem.

### **2.7.1. Estimulación eléctrica**

La aplicación de la estimulación eléctrica se ha utilizado en países donde la cantidad de carne para exportación supera el 70 % de las canales recibidas para el proceso de matanza, ya que este poseen un efecto positivo en cuanto a la terneza de las canales y la disminución por pérdidas de peso post mortem, cuando a las canales se les disminuye drásticamente la temperatura para su almacenamiento.

Esta técnica actúa previniendo el problema anterior, a través del uso de ATP antes del comienzo del rigor mortis, acelerando la glicolisis anaerobia e incrementando la tasa de descenso de pH. La misma es una alternativa de bajo costo y puede ser utilizada para mejorar la terneza y el color del músculo (maduración), principalmente aquellas canales que son sometidas a periodos cortos de maduración post mortem (Franco *et al* 2009).

Según un estudio realizado por Huerta *et al* (1997), en Norteamérica la estimulación eléctrica (EE) de canales, mejora la terneza de la carne y la madurez, reduciendo inclusive, la incidencia del anillo de decoloración muscular por enfriamiento lento (heat ring) de la canal.

En otro estudio realizado por Balan *et al* (2014), demuestran como la variación del ambiente pre-rigor generado por la aplicación de la estimulación eléctrica y/o las condiciones de enfriado influencia la tasa de glicolisis y la subsecuente declinación del pH en los músculos postmortem. Además la compleja interacción de pH y declinación de temperatura en el músculo pre-rigor tiene un significativo rol en la maduración de la carne, al influenciar la actividad de las enzimas proteolíticas, particularmente la  $\mu$ -Calpaína. El efecto combinado de estimulación eléctrica de bajo voltaje con condiciones de temperatura pre-rigor a 30 °C durante tres horas post-mortem, resultó en la caída más rápida de pH hasta 6,0 en comparación a dos horas a 16 °C.

## **2.8. Factores que afectan la calidad de la canal**

### **2.8.1. Ganancia Diaria de Peso**

La Ganancia Diaria de Peso o Ganancia de Peso Diaria (GDP o GPD), es el producto en número de kilogramos de un animal, tomando en cuenta la edad en días del mismo.

El uso de suplementos alimenticios ha probado su utilidad para mejorar la producción tropical extensiva, ya que los pastos de estas zonas de vida no llenan, por sí solos, los requerimientos nutricionales de animales en crecimiento, respaldado por Soto y Garmendia (1997) y Rodríguez (2014), los cuales sugieren que los novillos en pastoreo consumen cerca de 10 - 13 kg/MS/Animal/día, sin embargo debido a la baja calidad de los forrajes tropicales (los bajos contenidos de proteína cruda y el desbalance nutricional que presentan), no necesariamente se cumplen las demandas nutricionales de los animales (Aranda et al. 2010) La suplementación con concentrados permite suplir las deficiencias nutritivas del pasto y alcanzar buenas ganancias diarias de peso (Rodas *et al.* 2006), caso contradictorio a lo mostrado por Gallo *et al* (2013), en donde reveló que el tratamiento de suplementación energética no afectó significativamente las variables de peso vivo final, ganancia diaria de peso, ganancia total.

Obispo *et al* (2001) evaluó el consumo de forraje y la GPD con respecto a la suplementación con fuentes proteicas, en donde concluyó que las respuestas de GDP fueron mejoradas por la suplementación con fuentes proteicas posiblemente por los efectos sobrepasantes y un mejor balance de la relación proteína/energía de los productos absorbidos.

### **2.8.2. Mediciones ultrasonográficas**

Desde inicios de la década del 70's, la instrumentación del diagnóstico por ultrasonidos se puso a disposición de la comunidad médica. El desarrollo logrado a finales de esa década permitió el uso de equipos de tiempo real o imágenes dinámicas, obteniendo así, una mayor ventaja de la ultrasonografía, la cual es la posibilidad del seguimiento dinámico y periódico del mismo animal por un período de tiempo (Rosell *et al.* 2008).

El uso de ultrasonografías en bovinos, se ha desarrollado mayormente en el ámbito reproductivo, en aspectos como determinación de la gestación, dinámica y morfología del

útero, determinación de las ondas de desarrollo folicular, estado del sistema reproductivo en la hembras, programas de sincronización de celos e inseminación artificial y superovulación, transferencia de embriones y aspiración de folículos para fertilización *in vitro*. (Bo y Caccia 2000)(López 2011).

Según Orozco *et al.* (2010), las mediciones ultrasonográficas ofrecen una buena predicción de la textura de la carne *in vivo* y en las canales, siendo una herramienta no invasiva y de un costo no muy elevado. Además estudios realizados en bovinos de carne con ultrasonografías en tiempo real para la estimación de la deposición de grasa y rendimiento de canales cebuínas, han encontrado correlaciones altas con respecto a las medidas realizadas después del deshuese de las canales.

Por otro lado, Robinson *et al.* (1992); Herring *et al.* (1994) y Orozco *et al.* (2010), presentaron el ultrasonido como una herramienta efectiva para medir el área del músculo *Longissimus dorsi* y la grasa dorsal en bovinos de carne cuando es tomada por técnicos calificados, y estiman que la medida de la grasa de la canal posee un aceptable grado de seguridad.

### **2.8.3. Peso de la canal caliente**

Es importante considerar que el peso de la canal caliente irá mermando conforme pasa el tiempo, principalmente por evaporación. Normalmente, se espera que una canal tenga una merma del 1 – 2 % de su peso en las primeras 25 a 58 horas posteriores al sacrificio (dependiendo en gran medida del sistema de enfriado y la humedad relativa a que se exponga la canal). Esta merma puede llegar a ser del 5 al 7 %, cuando las canales se dejan madurar por más de 10 días (Rubio *et al.* 2013).

El rendimiento en pie a canal y de canal a cortes es muy variable, por un lado por el tipo de animal, pero además por el sistema de corte. En términos generales, uno puede esperar recuperar el 50 % del peso vivo en forma de carne, lo que es equivalente al 75 % del peso de la canal caliente; y es que de una canal bovina, normalmente se recupera un 25 % en forma de hueso y recortes. Siendo el peso de la canal la medición más simple, representa un parámetro muy significativo en la valoración y el aprovechamiento de la canal para elaborar productos cárnicos (Rubio *et al.* 2013).



#### **2.8.4. Rendimiento en canal**

El rendimiento es un factor importante de ser considerado, puesto que, en términos prácticos, una mayor productividad cárnica representa un mayor potencial de ganancia. De hecho, a mayor proporción del peso de la canal en relación con el peso vivo se obtiene una mayor producción de carne y grasa vendible contra hueso. En general un mayor índice de músculo que de grasa, es lo ideal para la mayoría de los consumidores. Sin embargo la grasa es asociada al sabor y se busca que el corte contenga los niveles mínimos deseables (Rodríguez *et al.* 2009).

Tanto la raza, sexo, peso, alimentación, manejo y transporte, son factores que afectan el rendimiento en canal, ya que razas con mayor proporción de genes *Bos taurus* tienden a poseer mejor desarrollo muscular, así como la suplementación en etapas de finalización utilizando fuentes energéticas y proteicas. Tal y como lo menciona la INTIA (2005), el rendimiento en canal aumenta con el incremento del peso de sacrificio.

Tal y como lo menciona López *et al.* (2002), el efecto de la raza, sexo y fuente de proteína utilizada en dietas para la suplementación, afectaron significativamente en el rendimiento en canal.

#### **2.8.5. Edad al sacrificio**

La edad está íntimamente relacionada con el peso de la canal. En las primeras etapas el crecimiento es lento, luego va aumentando hasta alcanzar un máximo y finalmente disminuye. La consecuencia más directa de la edad sobre la calidad de la canal es el aumento de la deposición de grasa y el progresivo amarillamiento de ésta (Gorrachategui 1997).

Según el manual del Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias (INTIA) (2005), las diferencias de peso adulto y la precocidad para la deposición de grasa de cada raza son dos factores fundamentales que determinan el momento del sacrificio de los animales. Sin embargo, no es correcto basarse únicamente en el peso vivo de los animales para decidir la hora de sacrificio. Mencionado lo anterior, es necesario conocer la genética y características raciales de los animales, ya que las razas con características mayores de precocidad, se deben de sacrificar a una edad adecuada con el fin de evitar el excesivo de engrasamiento.

La edad al sacrificio influye sobre el color de la carne, ya que el contenido de pigmento responsable del color de la carne (mioglobina) se incrementa con la edad. Específicamente, en bovinos el incremento se nota en animales con edades entre los 10 y 18 meses, sin dejar de lado el efecto de la raza, en donde las razas precoces (especialmente lecheras) incrementan el contenido de mioglobina a edades más tempranas. Así mismo la dureza de la carne se incrementa con la edad al sacrificio debido sobre todo a una reestructuración que tiene lugar en el tejido conectivo de la carne, estos cambios son más acusados (teniendo en cuenta el componente racial) durante el segundo año de vida del animal.

#### **2.8.6. Cobertura de Grasa**

Tal y como lo cita Contreras (2005), la apreciación visual es un método subjetivo en la evaluación de las canales, aquí se puede evaluar ciertas características tales como conformación y cobertura de grasa subcutánea. Tiene la desventaja de ser subjetivo, dependiente de la experiencia de los evaluadores, de las condiciones ambientales en que se emiten los juicios, tales como: luz, ángulo con el cual se están observando las canales, naturaleza y grado de definición de las diferencias entre niveles en la escala de puntos y otros (Kempster *et al.* 1982; Gallo 2003).

Es por ello que en general en bovinos se utiliza más la medición de cobertura de grasa por apreciación visual que la medición en un punto (Contreras 2005).

Otro factor importante a tener en cuenta es la grasa de cobertura o subcutánea que evita que se produzcan fenómenos indeseables como el “acortamiento por el frío, producido cuando el pH se mantiene elevado y la temperatura de la canal ya ha descendido, dando una carne con una dureza considerable (Asenjo y Ciria 1998).

#### **2.8.7. Conformación muscular**

La conformación muscular es el desarrollo en mayor o menor proporción de las diferentes partes que integran la canal. La preferencia en conformación muscular es de animales en el que su contorno o perfiles corporales sean preferiblemente convexos antes que planos o cóncavos, que predomine en su silueta lo ancho sobre lo estrecho, lo compacto sobre lo alargado, lo grueso sobre lo delgado y lo redondeado sobre lo anguloso. Aunque hay

dificultad de medirlo, es de suma importancia como indicador del rendimiento de la canal a carne. Se buscan canales compactas no flojas ni angulosas, gruesas, con lomos y costillas “llenos”, paletas gruesas y pescuezos y piernas cortos (Rodríguez *et al.* 2009).

Características en la canal como área del ojo del lomo, espesor de grasa sobre el lomo y la conformación general de la canal pueden estar relacionadas a la composición de la canal en tejidos de importancia comercial (músculo, grasa y hueso) y su rendimiento comercial en carnicería. El rendimiento carnicero se refiere a la proporción de cortes de diversos tipos y valores que proporciona la canal y expresa su utilidad para el detallista (Rodríguez *et al.* 2009).

#### **2.8.8. Grasa peri renal**

El depósito de grasa visceral, se encuentra relacionado directa e indirectamente con la cantidad de grasa que será recortada durante el despiece, cuando se preparan cortes para mayoreo y menudeo; por lo que se asume como un estimador de la cantidad de grasa intermuscular presente en la carne (Rubio *et al.* 2013). La cantidad de grasa visceral se determina subjetivamente y se expresa como un porcentaje del peso de la canal. Normalmente el peso de estos acúmulos de grasa representa entre el 1 y 5 % del peso de la canal fría. El peso de los riñones se excluye en ésta medición (Rubio *et al.* 2013).

En el estudio realizado por Gill *et al.* (s.f), demostró como el tipo de alimentación (pastura vs. ración balanceada) tuvo diferencias significativas en cuando a características como engrasamiento, grasa de cobertura, grasa dorsal, marmoleo y grasa peri renal, en donde los animales que fueron alimentados con grano obtuvieron diferencias hasta de 40 % del peso para la última característica.

#### **2.8.9. Espesor de grasa dorsal (EGD)**

Tal y como lo menciona Fiems (2000); Rodríguez (2014), el tejido adiposo es un componente de la ganancia de peso vivo, la deposición de esta requiere de más energía que la deposición de proteína y esta no cambia relativamente hasta que el animal alcance la mitad de su madurez fisiológica, además una reducción de grasa de la canal es deseable por

razones económicas, debido a que este exceso de grasa es eliminado durante el deshuese del animal.

Del mismo modo, Contreras (2005) afirma que una dieta más rica en energía metabolizable es la que produce la mayor eficiencia en su utilización. Con respecto a lo anterior, esto adquiere importancia en los conceptos de rendimiento (neto o centesimal) y también aquellas características de la canal como peso, espesor de grasa de cobertura, área del lomo. Además afirma que según estudios realizados en relación al EGD, los resultados concuerdan con que su valor predictivo es limitado en el bovino, debido a la distribución dispereja de la grasa subcutánea.

En diferentes estudios realizados (Tatum *et al.* 1988; Klee y Chavarría 2002; Contreras 2005), se obtuvieron canales con mayor EGD en novillos de finalización utilizando raciones con mayor proporción de granos, en comparación de aquellas raciones con menor proporción de granos y mayor cantidad de forraje.

#### **2.8.10. Marmoleo**

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 (Rubio *et al.* 2013).

Según Contreras (2005); Thomas (1986); Taylos y Fied (1999); Elizalde (2002), el marmoleo es la grasa intramuscular visible, la cual es observada como manchas de grasa en la superficie de corte transversal del lomo. Así mismo, rescatan que los animales terminados con alto nivel de granos presentan una mayor deposición de grasa intramuscular y el plano nutritivo o nivel de energía en la ración cambia la cantidad relativa de grasa que se deposita. Por otra parte, el ganado alimentado con raciones ricas en energía, deposita grasa más temprano que el ganado alimentado con raciones bajas en energía, aun cuando el ganado sea evaluado a un mismo peso vivo.

La importancia de esta variable radica en la posibilidad de obtener un producto final de mayor calidad, mejorando la palatabilidad, terneza y sabor de la carne, y satisfaciendo de esa forma la demanda de los consumidores. La distribución de la grasa intramuscular es más concentrada alrededor de las áreas de mayor actividad vascular en el músculo *Longissimus dorsi*. Además, la cantidad de grasa intramuscular depende principalmente del factor

genético, aunque otras variables como la nutrición, el estrés y el número de días en engorde juegan un rol importante (FPTA 2001).

#### **2.8.11. Área del Ojo del lomo (*Longissimus dorsi lumborum*)(AOL)**

Esta variable cuantitativa de la canal, se mide en el músculo *Longissimus dorsi lumborum*, ubicado entre la 12va y 13va costilla, en el cual se realiza un corte transversal y se presenta en unidades de centímetros cuadrados (cm<sup>2</sup>), tal y como lo menciona Rodríguez (2014).

Estudios realizados en canales de bovinos alimentados bajo diferentes métodos de manejo (pastoreo y/o suplementación) y alimentación (raciones energéticas y proteicas), han demostrado como esta variable posee un efecto positivo. Cabe señalar que características propias del animal como la raza, sexo y edad influyen de manera significativa en la misma. Tal y como lo menciona Gallo *et al.* (2013), donde utilizaron niveles altos de suplementación antes del sacrificio de los animales, y se demostró que la misma posee un efecto positivo en el engrasamiento del animal y en sus rendimientos, ya que la mayor AOL se expresó en novillos con suplementación energética con respecto a los controles. Además la suplementación a base de granos, contribuyen positivamente en el AOL, ya que los mismos afirman que la suplementación con maíz mejora la calidad de la canal de los novillos, los cuales presentaron mayor rendimientos, peso de la canal, AOL, espesor de grasa dorsal y cobertura de grasa (Gallo *et al.*, 2013).

#### **2.8.12. Terneza**

La terneza de la carne es uno de los parámetros de calidad más importante para el consumidor, y se define como la dificultad o facilidad con la que se puede cortar o masticar una porción de carne (Vásquez *et al.* 2007). Está a su vez puede ser medida bajo dos métodos: instrumental y sensorial. El primero se realiza por medio de un texturómetro o analizador de alimentos que mide la fuerza necesaria para cortar un pedazo de carne con una cuchilla en forma de V invertida (método Warner Bratzler), que indica los kilogramos de fuerza requeridos para cortar un centímetro cuadrado de músculo, realizando el corte en orientación perpendicular a las fibras musculares (Torres 2013), y el segundo, se basa en un conjunto de

técnicas que permiten valorar las propiedades del alimento que se pueden detectar por medio de los sentidos, tales como olor, sabor, jugosidad y ternura (Olivan *et al.* 2013).

Según Asenjo y Ciria (1998), la ternura está determinada por el tamaño de los haces de fibras musculares y el número de fibras que contienen, mientras que lo mencionado por Vásquez *et al.* (2007), la ternura se relaciona con la degradación de la fibra muscular, el estado contráctil del músculo, la cantidad de tejido conectivo y la cantidad de grasa intramuscular. Además el tipo de estas, se relaciona con la capacidad de contracción y retención de agua, y reaccionan de distinta forma a las temperaturas de cocción y de refrigeración. Por otro lado se encuentra el grado de contracción de las miofibrillas y por tanto la longitud de estas, ya que cuanto mayor es la contracción, menor es la longitud y mayor la dureza de la carne (Asenjo y Ciria 1998).

Transcurridas 24 horas tras el sacrificio, el pH se estabiliza, y tiene lugar la fase de maduración, en la que mejoran las cualidades de la carne, consiguiendo una mayor ternura y desarrollándose los precursores del sabor, esta etapa tiene la importancia en la calidad organoléptica, y en bovinos se estima una duración mínimo de siete días, y según razas, hasta de 14 días (Asenjo y Ciria 1998).

Otro de los factores que afectan la ternura, es la cantidad y naturaleza del tejido conjuntivo y en particular del colágeno, ya que este aumenta con la edad, confiriendo mayor dureza. Además podemos mencionar que el tipo de deshuese, la dirección del corte de las fibras musculares y las temperaturas y tiempos de cocción, afectan la calidad de la carne.

Según Torres (2013), la clasificación Warner Bratzler maneja los valores de la dureza de la carne, según la siguiente Cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de la ternura de la carne bovina según el método Warner Bratzler

| <b>Clasificación de la ternura    Kilogramos por centímetro cuadrado (kg)</b> |             |
|---|-------------|
| <b>Dura</b>   | >9          |
| <b>Intermedia</b>   | Entre 6 y 9 |
| <b>Ligeramente tierna</b>   | <6          |

Según Cuetia *et al.* (2012) y Rodríguez (2014) durante la maduración post mortem a bajas temperaturas y producto de la actividad de las enzimas endógenas, se da la degradación de las proteínas estructurales del músculo, proceso conocido como proteólisis post mortem. En este la proteína encargada de los cambios que suceden durante el proceso, es la calpaína, la cual posee un único inhibidor endógeno a la calpastatina.

Warris (2003) y Juárez (2009), mencionan que una vez ocurrido el sacrificio, se lleva a cabo el proceso de transformación del músculo en carne. En un músculo en reposo, el ATP sirve para mantener el músculo relajado. Tras el sacrificio del animal, cesa el aporte sanguíneo de oxígeno y nutrientes al músculo, de manera que el mismo debe utilizar un metabolismo anaeróbico para transformar sus reservas de energía (glucógeno) en ATP con el fin de mantener su temperatura e integridad estructural. El ATP formado se obtiene a través de la degradación de glucógeno en ácido láctico, este último ya no puede ser retirado por el sistema sanguíneo, por lo que provoca el descenso de pH muscular, desde la neutralidad hasta valores que oscilan entre 5,4 – 5,8 (Uzcátegui y Jerez 2008).

Tal y como lo menciona Juárez *et al.* (2009), Uzcátegui y Jerez (2008), la temperatura influye tanto en el tiempo necesario para alcanzar el pH al que se inicia el *rigor mortis* (cambio post mortem de músculo flácido y extensible a inextensible y rígido), como en el tiempo que transcurre hasta que se alcanza el pH final, ambos tiempos aumentan conforme desciende la temperatura. Además, un rápido y profundo descenso del pH post mortem, mientras que la temperatura del músculo es todavía elevada, provoca una desnaturalización de las proteínas, causando una disminución de la capacidad de retención de agua, lo que da el aspecto de carnes claras, lo que se le conoce como carnes PSE (pálidas, suaves y exudativas). Caso contrario cuando no se produce una disminución del pH por déficit en las reservas de glucógeno., en donde la glucólisis tiende a ser pequeña por lo que los niveles de ácido láctico también son bajos, el pH alcanza valores entre 6,4 y 6,8, por lo que aumenta la capacidad de retención de agua. Esta a su vez es responsable de un color oscuro en la carne, así como provoca firmeza y resequedad, por lo que se le consideran carnes DFD (oscuras, firmes y secas, por sus siglas en inglés).

Citado por Uzcátegui y Jerez (2008), se han identificado diversos sistemas enzimáticos involucrados en los cambios estructurales asociados con el ablandamiento de la carne. El sistema de las calpaínas representado por la  $\mu$ -calpaína y la m-calpaína, es el mayormente

asociado con este proceso (Koochmaraie 1992). Ambas calpains muestran actividades catalíticas diferentes; mientras que, la actividad de la  $\mu$ -calpaína disminuye rápidamente, la m-calpaína decrece lentamente durante el postmortem (Koochmaraie 1988).

Existen tres sistemas proteolíticos presentes en el músculo que han sido asociados como los posibles encargados de la proteólisis post mortem y por ende con el desarrollo de la terneza de la carne, las catepsinas lisosomales, el complejo de las proteínasas multicatalíticas (CPM) y el sistema de las proteasas dependientes del calcio o calpains. Las primeras poseen mayor actividad en el pH post *rigor mortis* (5,4 – 5,8), y se encargan de la degradación de la miosina y la actina, proteínas que no demuestran una apreciable degradación durante el almacenamiento en refrigeración, puesto que su máxima actividad es a temperaturas cercanas a 20 °C. Las CPM no han sido comprobadas fuertemente como enzimas que tengan acción sobre el ablandamiento de la carne. Por último las proteasas dependientes del  $\text{Ca}^{+2}$  ( $\mu$ -calpaína, m-calpaína) y su enzima inhibidora, la calpastatina, la cual bloquea la unión del ion  $\text{Ca}^{+2}$  y reduciendo tanto la velocidad como la actividad proteolítica de la calpaínas. Así el acortamiento de la fibra (o endurecimiento) y el posterior ablandamiento postmortem, están ambos regulados por la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$  disponible en el espacio intracelular de la fibra muscular. Sin embargo cabe mencionar, además de la cantidad de  $\text{Ca}^{+2}$ , la actividad de las calpaínas está influenciada por factores como el ambiente intracelular, pH, fuerza iónica, concentración de la calpastatina y la temperatura (Uzcátegui y Jerez 2008).

Según Motter *et al.* (2009), en el animal vivo el sistema calpaína/calpastatina del músculo estriado participa en el crecimiento, fusión y diferenciación de los mioblastos. Después del sacrificio, este sistema es el principal responsable de la tenderización de la carne. Las calpaínas producen la desorganización de la estructura del tejido muscular por proteólisis, y la calpastatina interfiere con este proceso, por ser el inhibidor de las enzimas proteolíticas que lo producen.

Mencionado por Rodríguez (2014), el periodo de maduración influye significativamente en la terneza, países como Estados Unidos e Italia almacenan los cortes más valiosos (Tipo A) en refrigeración durante cerca de 14 días, ya que sus estudios demuestran que a partir de este punto la disminución de la terneza de la carne comienza a ser menos significativa (Teira 2004).



### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Localización del experimento**

El estudio se realizó en tres etapas en los meses comprendidos entre Diciembre del 2013 y mayo del 2014, con un periodo total de 146 días. La primera se desarrolló en la “Finca La Vega”, de la Unidad de Ganado de Carne, del Programa de Producción Agropecuaria (PPA) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos, situada en el distrito de Florencia, provincia de Alajuela; cuya posición geográfica está dada por las coordenadas 10° 21'43" de latitud norte y 84°28'39" de longitud oeste, a una altitud media de 160 m.s.n.m, presenta además una temperatura promedio de 26,5°C con una humedad relativa del 84% y una precipitación media anual de 3062mm.

La segunda fase se realizó en la planta de matanza Coopemontecillos R.L., ubicada en el cantón Central, distrito San Antonio del Tejar de la provincia de Alajuela.

Finalmente, la última etapa se realizó en el Laboratorio Nacional de la Carne del Centro de Investigación y Desarrollo en Agricultura Sostenible para el Trópico Húmedo (CIDASTH) de la Escuela de Agronomía del Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional San Carlos.

#### **3.1. Selección de los animales.**

Se utilizaron 26 novillos castrados, de composición racial Brahman (BR) (13) y los otros a la composición racial Brahman X Charolais (F1) (13). El peso promedio al inicio del experimento fue de 350 ± 38 kg. Los animales utilizados para esta investigación se seleccionaron del hato de machos de desarrollo, con una edad promedio de 21-24 meses, con el propósito de lograr una mayor homogeneidad en los tratamientos se tomaron los datos del software Huella Productores® (Versión 3.5).

Previo al inicio de la evaluación, los animales fueron sometidos a una fase de acostumbramiento de 22 días y una vez finalizado ese periodo se empezó con la fase de evaluación y toma de datos experimentales.

### 3.2. Periodo de la investigación

El trabajo se desarrolló en tres etapas. La primera consistió en una fase de campo, donde se suplementaron los animales en etapa de finalización en pastoreo con raciones isoproteicas (13 % de PC) de acuerdo con el tratamiento, tal y como se presenta en la Cuadro 3. La suplementación se realizó considerando un consumo total de materia seca de 2,75 % del peso vivo (PV). Los aportes correspondientes del forraje y la ración balanceada fueron de 1,75 % y 1,0 % del PV respectivamente. Se evaluaron variables como ganancia diaria de peso (GPD) mediante pesajes mensuales (Tru - Test<sup>®</sup> XR 3000) realizados a la misma hora, y medidas ultrasonográficas (Aloka SSD 500) *in vivo* de marmoleo, profundidad y espesor de grasa dorsal con un software desarrollado por la Universidad de Kansas State. Además, se evaluó el consumo o rechazo de la ración mediante pesajes diarios realizados una vez que los animales volvían al pastoreo transcurridos 45 minutos. Se administraron minerales *ad libitum* a todos los animales durante los 146 días del ensayo, de los cuales 22 días correspondieron al periodo de acostumbamiento y los restantes 122 días al periodo de evaluación.

Cuadro 3. Composición nutricional de las raciones isoproteicas para novillos de engorde en pastoreo de la Finca La Vega según el tratamiento.

| Nutriente (%)                   | Tratamientos   |                |                |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                 | T <sub>0</sub> | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> |
| Proteína Cruda                  | 13,00          | 13,00          | 13,00          |
| Energía Digestible/kg (Mcal)    | 3,20           | 3,40           | 3,65           |
| Calcio                          | 0,91           | 1,16           | 0,94           |
| Fosforo                         | 0,49           | 0,49           | 0,55           |
| Fibra Neutro Detergente ( FND)  | 28,90          | 30,50          | 41,20          |
| Fibra Ácido Detergente (FAD)    | 14,20          | 15,20          | 22,10          |
| Grasa                           | 4,90           | 8,19           | 5,45           |
| Carbohidratos no fibrosos (CNF) | 40,43          | 37,00          | 30,00          |

La segunda fase se llevó a cabo en la Cooperativa Matadero Nacional de Montecillos (COPEMONTENCILLOS R. L.) durante dos días, en donde se evaluaron variables como peso

pie en planta (PPP), peso de la canal caliente (PCC), porcentaje de rendimiento en canal, peso de la grasa peri renal (PGP), edad dentaria (ED), profundidad muscular (PM), grosor de grasa de cobertura (GGC), área del *Longissimus dorsi lumborum* (AOL).

La tercera y última fase se realizó durante 2 días en la cual se evaluó la variable fuerza de corte (kg) en las muestras del *Longissimus dorsi lumborum* a los 14 días de maduración.

### 3.3. Universo de estudio y tratamientos

La época de nacimiento de los animales seleccionados para el ensayo se ubicó entre los meses de enero y marzo del 2012. La base genética de los animales fue Brahman y se consideraron dos componentes raciales:

- a) Brahman comercial (Cebuínos)
- b) Europeos  $F_1$  (Brahman x Charolais)

Previo al inicio de la investigación, los animales se encontraban castrados mediante la técnica de cirugía. La distribución de los animales con respecto a los tratamientos se realizó al azar por medio de la separación al momento de pasar por la manga principal del corral de la finca, teniendo en cuenta el número de animales por tratamiento y la composición racial quedando de la siguiente forma:

- Testigo ( $T_0$ ): tres novillos BR y tres novillos  $F_1$
- Tratamiento 1 ( $T_1$ ): cinco novillos BR y cinco novillos  $F_1$
- Tratamiento 2 ( $T_2$ ): cinco novillos BR y cinco novillos  $F_1$

Para la alimentación de los animales se contó con un módulo para finalización de bovinos. El mismo se fragmentó en dos secciones utilizando una cerca eléctrica, para la alimentación individual de cada tratamiento tal y como se observa en la Figura 3. Además, se utilizaron tres raciones balanceadas, formuladas con diferentes niveles de inclusión de materias primas, las cuales se detallan en el Cuadro 4.



Figura 3. Distribución de tratamientos utilizando cerca eléctrica en módulo de finalización de novillos en Finca La Vega, ITCR.

Cuadro 4. Niveles de inclusión de las materias primas según el tratamiento para la elaboración de las respectivas raciones.

| INGREDIENTES                   | % Ración       |                |                |
|--------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | T <sub>0</sub> | T <sub>1</sub> | T <sub>2</sub> |
| Maíz Amarillo                  | 30,00          | 27,58          | 9,14           |
| Melaza de Caña                 | 12,00          | 8,00           | 12,00          |
| Destilados de Maíz             | 17,68          | 17,40          | 5,36           |
| Harina de Coquito              | 17,57          | 20,27          | 40,00          |
| Acemite de Trigo               | 20,00          | 20,00          | 30,00          |
| Premix                         | 0,25           | 0,25           | 0,25           |
| Carbonato de Calcio            | 2,00           | 2,00           | 2,00           |
| Sal                            | 0,50           | 0,50           | 0,50           |
| Grasa de Sobrepasso            | 0,00           | 4,00           | 0,00           |
| Gluconeogénico 1,2-propanodiol | 0,00           | 0,00           | 0,75           |

### 3.4. Manejo de los animales

Los animales fueron tratados con un manejo programado para el control de parásitos internos y externos, así como la aplicación de promotores de crecimientos no esteroideos.

Previo al inicio de la investigación los animales fueron tratados con Fipronil al 1% por medio de administración tópica por vertido dorsal directo para el control de garrapatas, moscas y piojos. Como promotor de crecimiento no esteroideo (Aminoácidos y Lisina) se les aplicó una vez mensualmente a razón de 10mL/animal vía intramuscular, con el fin de estimular el desarrollo muscular. Además, se utilizó Febendazol al 6 % y Triclabendazol al 12 % vía oral, para el tratamiento y prevención de parásitos gastrointestinales, a razón de 1mL por cada 10kg de peso vivo. Además se utilizaron esporádicamente productos para el tratamiento de golpes e infecciones como Dipirona Sódica y Penicilina.

Para el control de *Boophilus microplus* (garrapatas), *Haematobia irritans* (mosca paletera), *Stomoxys calcitrans* (mosca brava) y piojos, se les aplicó Cymiazol al 25 % + Cyflutrina al 4 %, por medio de baños de aspersión mensualmente, utilizando 40 mL por bomba de mochila de 18 L.

### 3.5. Diseño Experimental

Se utilizó un Diseño Completo al Azar con arreglo factorial (2x3), donde se consideraron como factor A, el grupo racial y como factor B, las tres raciones. Se utilizaron 26 unidades experimentales y tres tratamientos, donde T<sub>0</sub> (3200 kcal ED o grupo testigo), T<sub>1</sub> (3400 kcal ED) y T<sub>2</sub> (3658 kcal ED), se conformaron por tres, cinco y cinco repeticiones respectivamente, tal y como se observa en la Figura 4.

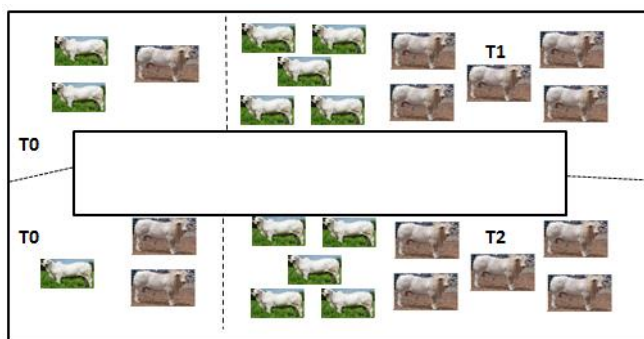


Figura 4. Croquis del diseño de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

El modelo estadístico descrito es de tipo:

$$Y_{ijk} = \mu + D_i + R_j + D_i * R_j + \varepsilon_{ijk}$$

Dónde:

$Y_{ij}$  = variable de respuesta de la i-ésimo tratamiento del j-ésimo componente racial.

$\mu$  = Media general.

$D_i$  = Efecto del i-ésimo tratamiento.

$R_j$  = Efecto del j-ésimo componente racial.

$D_i * R_j$  = Efecto del ij-ésima interacción.

$\varepsilon_{ijk}$  = Efecto del k – ésimo error experimental de i-ésimo tratamiento del j- ésimo componente racial.

### 3.6. Variables a evaluar

#### Primera etapa

##### 3.6.1. Calidad de las pasturas

Para la evaluación de las pasturas se procedió a muestrear los 21 potreros disponibles en el módulo (Figura 5.A) mediante el método destructivo, donde se utilizó una cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup> (Figura 5.B) y se tomaron aleatoriamente entre tres y cuatro sub muestras por potrero dependiendo del tamaño del mismo. En cada sub muestra se procedió a la corta del pasto simulando la altura de consumo de un animal (20 cm). Seguidamente se transportaron al Laboratorio de Suelos del Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos, para secarlas en una estufa de aire forzado a 55 °C durante 72 horas. Posteriormente se trituraron las muestras con la ayuda de una trituradora marca Retsh (Modelo SM 100). Seguidamente las muestras se uniformizaron y se enviaron al laboratorio de calidad de alimento de la Cooperativa Dos Pinos R.L. ubicado en el Coyol de Alajuela, y se determinaron las características bromatológicas de las pasturas con la ayuda de la metodología descrita por Van Soest (1970) para el contenido de fibra ácido detergente (FAD) y fibra neutro detergente (FND), celulosa, lignina, además de los constituyentes de la pared celular.

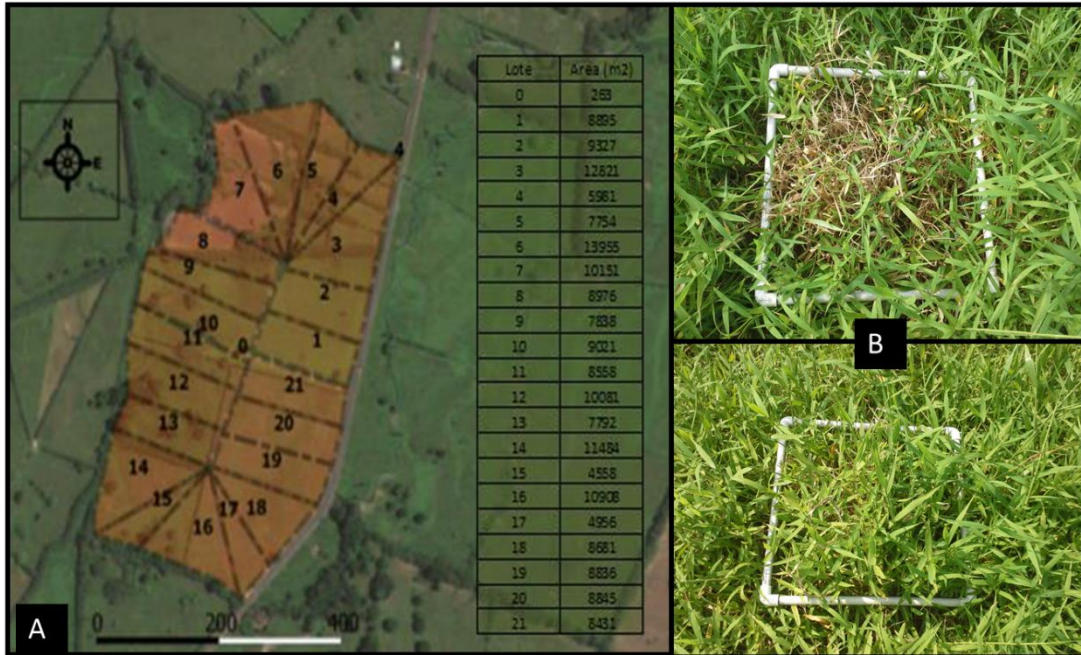


Figura 5 A) Diseño de los 21 potreros del módulo con su respectiva área (m<sup>2</sup>). B) Cuadrícula de 0,25 m<sup>2</sup> para la recolección de sub muestras de forraje para el análisis bromatológico.

### 3.6.2. Ganancia Diaria de Peso (GDP)

Se obtuvo el peso de los animales mensualmente, utilizando una balanza electrónica Tru – Test<sup>®</sup> XR 3000, el mismo se realizó a la misma hora con el fin de evitar posibles fuentes de variación. Seguidamente, se obtuvo el cociente entre los días transcurridos entre pesas y la desviación del peso actual con respecto a la última medición.



### 3.6.3. Consumo del suplemento

Se evaluó el consumo de la ración por animal diariamente, en donde se pesó el sobrante por canoa con una balanza electrónica (OCONY® Modelo SS) al haber transcurrido 45 minutos de exposición a la ración, tal y como se muestra en la Figura 6.



Figura 6. Recolección y pesaje de sobrante de la ración después de 45 minutos de ser consumida por los animales.

### 3.6.4. Mediciones ultrasonográficas

Se realizaron mediciones ultrasonográficas *in vivo* mensualmente al mismo momento del pesaje de los animales para lo cual se utilizó un ecógrafo marca Aloka (modelo SSD 500) y los resultados se interpretaron con el software de la Universidad de Kansas State (KSU). Los animales se colocaban en la prensa para el manejo seguro de bovinos, seguidamente se les limpiaba el área del lomo (*Longissimus dorsi thoracis*) ubicada entre la doceava y treceava costilla y se evaluó el marmoleo, profundidad del músculo (PM) y espesor de grasa dorsal (EGD), como se muestra a continuación.



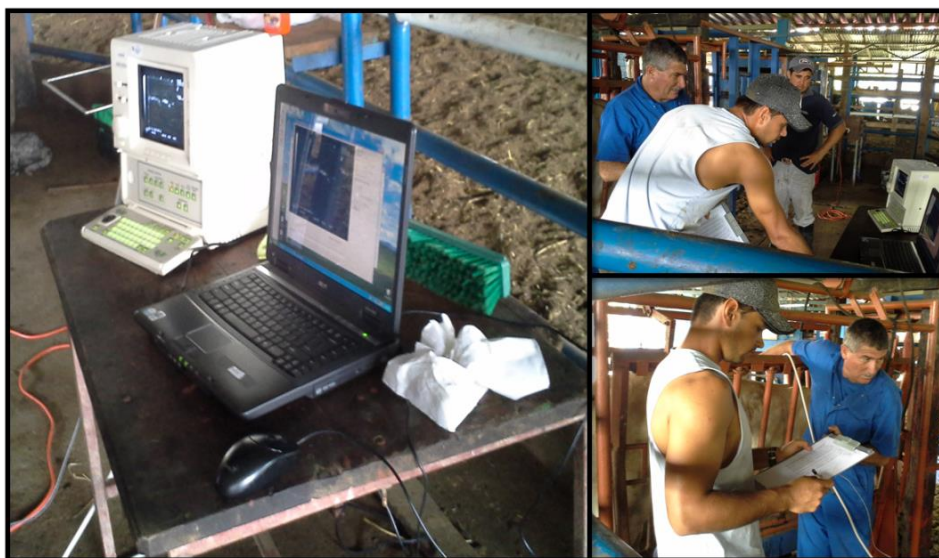


Figura 7. Ultrasonografías *in vivo* utilizando ecógrafo Aloka SSD 500

### **Segunda Etapa (Planta de cosecha Coopemontecillos R.L.)**

Una vez que los animales alcanzaron el peso y edad de cosecha, así como la finalización de los días de evaluación, fueron transportados hacia la planta de cosecha de cosecha. Los animales tuvieron un periodo de ayuno de 19 horas antes del sacrificio, al llegar a la planta de matanza se colocaron en corrales aparte, para mantener el manejo de grupos tal y como se realizó en la parte de campo. Además se mantuvieron con agua durante el periodo de ayuno.

#### **3.6.5. Peso en pie en planta**

Se pesaron los animales con la ayuda de una balanza electrónica ubicada en la zona pre sacrificio de la planta de matanza, con la cual se obtuvo el peso en pie (kg).

#### **3.6.6. Peso de la canal caliente**

Después del sacrificio de los animales, se procedió al desangrado, en lo cual se les aplicó estimulación eléctrica de bajo voltaje (120 Voltios) por alrededor de 20 segundos con 0,25 Amperios (Mencionado por Rodríguez (2014) y descrito por Jarvis, (modelo BV 80). Seguidamente los animales fueron despojados del cuero y cabeza, extremidades y

eviscerados, se obtuvo el peso (kg) de la canal con la ayuda de una balanza electrónica ubicada en la planta de matanza (Figura 8).

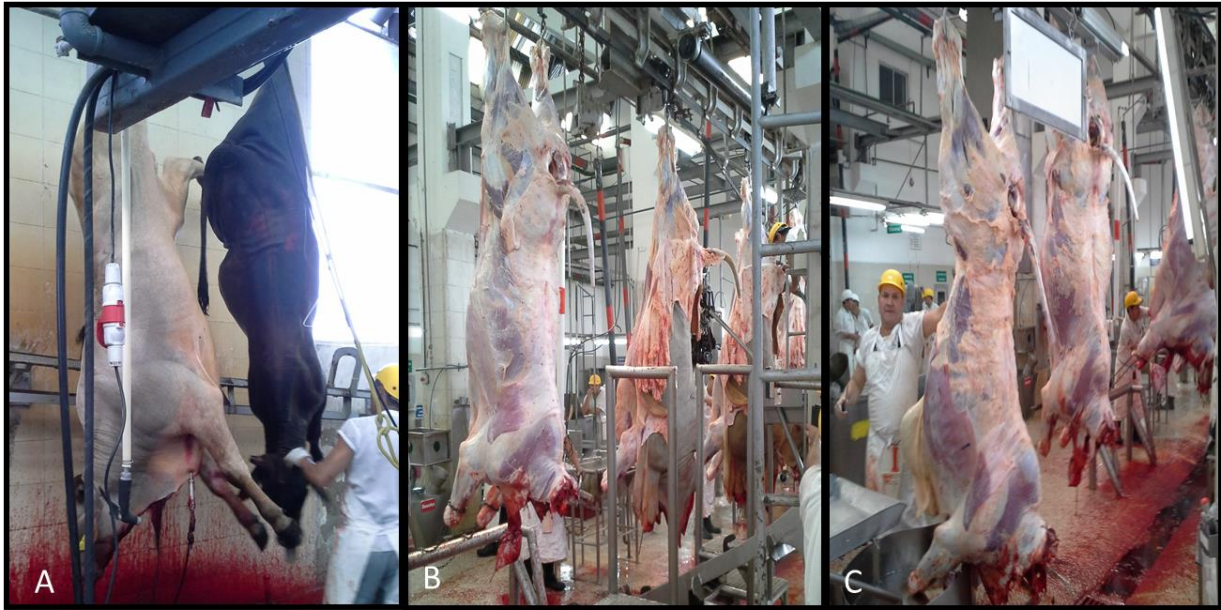


Figura 8. A) Desangrado de animales utilizando estimulación eléctrica. B) Desprendimiento de cuero, cabeza y extremidades. C) Eviscerado de animales.

### 3.6.7. Rendimiento en canal

Se determinó el rendimiento en canal (expresado en porcentaje) en caliente según cada grupo racial y el tratamiento correspondiente, por medio del cociente entre el peso de la canal y el peso en pie en planta.

### 3.6.8. Peso de la grasa peri renal

Se desprendió todo el tejido adiposo de la región pélvica e inguinal de cada una de las canales y posteriormente con la ayuda de una balanza electrónica, se recolecto el dato del peso (kg) (Figura 12).



Figura 9. A) Canal con tejido adiposo en el área pélvica inguinal. B) Remoción de tejido adiposo. C) Pesaje del tejido adiposo.

### 3.6.9. Espesor de grasa dorsal

Una vez que las canales tenían 24 horas de encontrarse a 4 °C, se procedió a realizar un corte longitudinal entre la doceava y treceava costilla, seguidamente con una regla metálica especial graduada en milímetros del USDA (Beef Site, 2007), se midió el grosor del tejido adiposo (Figura 13).





Figura 10. Medición del grosor de grasa de las canales utilizando una regla graduada en milímetros del USDA.

### 3.6.10. Área del ojo del lomo (AOL)

Cuando las canales acumulaban 24 horas post mortem a una temperatura de 4 °C, se cuantificó el AOL (cm<sup>2</sup>). Se realizó un corte longitudinal entre la doceava y treceava costilla a nivel del lomo (*Longissimus dorsi lumborum*) y tal como lo muestra la Figura 15, se colocó la plantilla cuadrículada transparente (USDA, 2007), y se procedió a contar el número de cuadros completos que se encontraban dentro del lomo, finalmente se multiplicó el número de cuadros por 0,64 cm<sup>2</sup> que es el área de cada cuadro.



Figura 11. Medición del área del ojo del lomo utilizando plantilla del USDA.

### Tercera etapa

#### 3.6.11. Fuerza de corte (kg)

Una vez realizadas las mediciones con respecto a la calidad de la canal, se procedió a recolectar una muestra de aproximadamente 1,2 kg de media canal del lomo ancho (*Longissimus dorsi lumbarum*) post deshuese de cada uno de los animales. Las muestras fueron empacadas al vacío e identificadas por número de la canal con respecto a cómo fueron deshuesadas. Seguidamente se trasladaron en contenedores (hieleras) entre 4 y 5 °C hasta el laboratorio Nacional de la Carne ubicado en las instalaciones del Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos. Una vez en el laboratorio, se corroboró que el empaque al vacío no se hubiera dañado por el transporte y se procedió a refrigerar por 14 días a una temperatura de 4°C (Thermo Fisher Scientific, modelo REL4504A22).



Figura 12. Almacenamiento y refrigeración de muestras de lomo ancho (*Longissimus dorsi lumbarum*)

Transcurrido el tiempo de maduración (14 días) se procedió a realizar los cortes de cada muestra para la evaluación de fuerza de corte (kg). De cada muestra se obtuvieron dos sub muestras de 1 pulgada de ancho (2,54 cm) por 6 cm de largo, y con un peso aproximado de 200 – 250 gramos (Figura 17).



Figura 13. Preparación de sub muestras previo a la cocción.

Las muestras fueron identificadas y ordenadas de manera que no se alterara el orden de los análisis. Seguidamente, se efectuó la cocción de acuerdo al protocolo establecido por el AMSA (1995), para esto se utilizó un horno de convección eléctrico (VulcanHart modelo VC4ED). Para el control de la temperatura interna de cada sub muestra se utilizaron termocuplas (Barnant, modelo 692-0000). Ya que cuando la muestra alcanzaba internamente los 50 °C se giraban para lograr la homogeneidad de la cocción, cuando las mismas alcanzaban los 71 °C se retiraban del horno y se espera que la temperatura se igualara a la temperatura del ambiente.

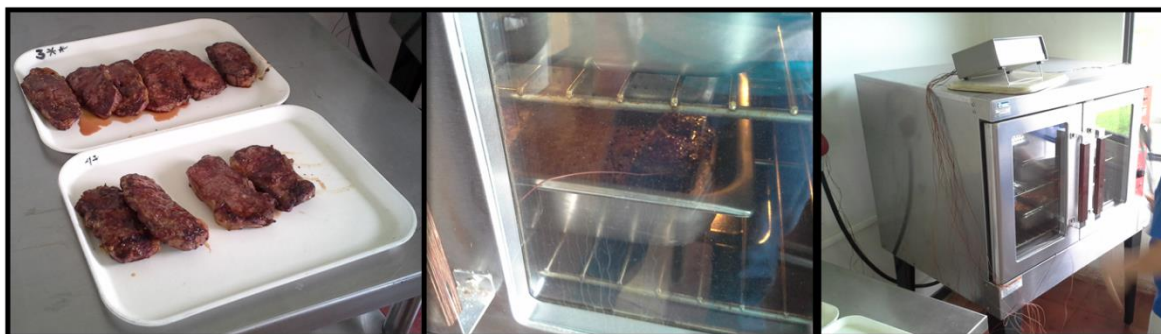


Figura 14. Proceso de cocción de las sub muestras de *Longissimus dorsi lumborum*.

Una vez que las muestras se encontraban a temperatura ambiente (25 °C), se procedió a extraerles ocho cilindros de 1,3 cm de diámetro por cada sub muestras, con un taladro (DeWalt 107) de manera paralela a las fibras musculares. Posteriormente, se determinó la fuerza de corte (kg) con el equipo Warner Bratzler Shear Force (modelo 235), el cual realiza la prueba a una velocidad fija de 20 cm/min.



Figura 15. Preparación de los cilindros para medición de fuerza de corte en sub muestras de *Longissimus dorsi lumborum*.

### 3.7. Análisis estadístico

El nivel de significancia para esta investigación fue de 0,05 para cada uno de los análisis realizados.

Para todas las variables se comprobó el supuesto de homocedasticidad mediante la prueba F de igualdad de varianzas. Para el caso de grasa dorsal, grasa peri renal y fuerza de corte, las pruebas indicaron el incumplimiento del supuesto por lo que se procedió a la corrección de la heterocedasticidad por medio del modelo varIdent:  $g(d)=d$  para las dos primeras y  $varExp: g(d,v)=exp(d*v)$  para la última.

Seguidamente, se realizó el análisis de modelos lineales generales y mixtos para evaluar diferencias significativas entre los tratamientos y de presentarse incumplimiento al supuesto de homocedasticidad se realizaron los ajustes necesarios con correcciones a la heterocedasticidad. Se ejecutaron pruebas de comparación múltiple de Bonferroni para encontrar diferencias entre tratamientos.

Posteriormente se procedió a disminuir la dimensionalidad de la base de datos debido a la gran cantidad de variables analizadas. Para ello se utilizó el análisis de componentes principales (CP) para eliminar las variables redundantes (altamente correlacionadas) y aquellas que aportaban poca información. Finalmente se usó el análisis de conglomerados (AC, método de Ward y distancia Euclídea) para encontrar agrupamientos de tratamientos con base en el conjunto de variables evaluadas. Este análisis fue ratificado mediante un análisis de discriminante (AD) para comprobar el sesgo entre los agrupamientos resultantes. Para verificar las diferencias significativas entre los agrupamientos, se usó un análisis de varianza multivariado (Prueba de Wilks).

Todos los análisis fueron efectuados con el programa estadístico INFOSTAT-P (Di Rienzo *et al.* 2013).



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Calidad nutricional de las pasturas

En el Cuadro 5, se muestran los resultados obtenidos del análisis bromatológico de las pasturas utilizadas durante el periodo de evaluación.

En estudios realizados por Otoya (1986); Hess y Lascano (1999); Hernández y Bolaños (2007), resaltan que la época y edad de cosecha de la pastura afectan el contenido nutricional, por ejemplo, entre mayor edad de cosecha, mayor es el contenido de MS y lignina, así como disminuye el porcentaje de proteína cruda.

Según las características reportadas por Sánchez (2007) y Di Marco (2011), la relación entre la composición química-biológica de los forrajes y los requerimientos nutricionales de los bovinos, hace que las pasturas tropicales se consideren de mediano y bajo valor nutricional, caracterizadas contenidos de DIVMS inferiores a 70% y FDN superiores a 50 %, la cual indica produce una pared celular más lignificada, menos digestible y tal como lo menciona Muro (2007), esta puede causar un efecto de llenado físico. Así como lo citado por Rodríguez (2014), los contenidos de PC (9,41 %), son únicamente para cubrir las necesidades de los microorganismos del rumen, lo que resalta la baja calidad de las pasturas (Sánchez 2007).

La fibra ácido detergente está relacionada con digestibilidad y valor energético de la ración (Calsamiglia, 1997), según la clasificación asignada por la American Forage and Grassland Council, el porcentaje de FAD obtenido (38,77%) coloca a las pasturas en calidad media.

La lignina es un compuesto que adiciona rigidez a la estructura celular, limita la disponibilidad de carbohidratos estructurales para los microorganismos ruminales y aumenta con la madurez fenológica de la planta. El valor promedio de lignina en los forrajes fue de 4,10%, similar resultado lo obtuvo Rodríguez (2014). Según Juárez *et al.* (2009); Hernández (2010), la lignina ejerce un efecto negativo sobre la digestibilidad de los polisacáridos de la pared celular, ejercida por la protección de estos a la hidrólisis mediante las enzimas. Esto puede ser debido a que la lignina por su resistencia mecánica, evita que los microorganismos ruminales entren en contacto con el polisacárido y carbohidratos estructurales.

Cuadro 5. Resultados del análisis bromatológico de acuerdo a la composición química de las pasturas del módulo de engorde de la Finca la Vega, Tecnológico de Costa Rica.

| Nutriente  | Porcentaje (%) |
|--|----------------|
| Materia Seca   | 23,8           |
| Proteína Cruda (PC)                                    | 9,41           |
| Fibra Acido Detergente (FAD)                           | 38,77          |
| Fibra Neutra Detergente (FND)                          | 64,65          |
| Extracto Etéreo  | 1,86           |
| Cenizas  | 8,84           |
| Lignina  | 4,10           |
| Digestibilidad <i>in vitro</i> de Materia Seca (DIVMS) | 58,69          |

#### 4.2. Comportamiento biológico de los animales

En el Cuadro 6, se presentan las medias para las características de crecimiento animal según el tratamiento y cruce racial. No se encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) para ninguna de las variables analizadas según la prueba de Bonferroni.

Con respecto a la GDP, el componente racial europeo presentó las mayores ganancias en los tratamientos  $T_0$  y  $T_2$  (1,12 kg/animal/día), mientras que los animales cebuínos obtuvieron 1,05; 0,99 y 0,93kg/animal/día ( $T_1$ ,  $T_0$  y  $T_2$  respectivamente). Similares resultados obtuvieron Pusineri y Ocampos (2004) y Galo *et al.* (2013), en donde no encontraron diferencias significativas de la suplementación energética con respecto a la ganancia diaria de peso. Sin embargo, la utilización de raciones energéticas en cruces raciales ha demostrado que los animales *Bos taurus* presentan mejores ganancias de peso con respecto a los *Bos indicus* (Özlütürk *et al.*, 2003; Riera *et al.*, 2004; Angulo *et al.*, 2007; Waritthitham *et al.* 2010).

Probablemente el comportamiento animal fue lo que más influyó en esta variable, debido al temperamento de los animales. Esto ocasionaba que en repetidas ocasiones los animales del ensayo ingresaban a otras áreas de pastoreo lo que ocasionaba alteraciones en las jerarquías al entrar en contacto con otros animales. Debido a esta situación, los animales fueron separados en campo y de esta manera minimizar las pérdidas de energía que supondría llevarlos hasta el corral de manejo. Otro de los factores que podría explicar la variación observada en la ganancia de peso podría ser el comportamiento en el momento de la

suplementación, ya que algunos de los animales de los tratamientos T1 y T2 se comportaban más temperamentalmente lo que limitaba el consumo del suplemento. Además, debido a la disponibilidad de infraestructura en la investigación, los animales del tratamiento T<sub>0</sub> consumieron el suplemento con mayor disponibilidad de área, tal y como se muestra en la Figura 4, evitando luchas entre los animales por jerarquías a la hora del consumo. El número de animales mayor en los tratamientos T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> ocasionaban mayor problema durante el tiempo de alimentación. Dicha situación favorecía el consumo por animal para el tratamiento T<sub>0</sub> (Cuadro 6), por lo que puede ser una de las razones por la cual estos presentaron mejores respuestas.

Cuadro 6. Medias ( $\pm$ EE) de las variables evaluadas en la primera fase, según tratamiento y componente racial

| Variable                           | T <sub>0</sub>                  |                                 | T <sub>1</sub>                  |                                 | T <sub>2</sub>                  |                                 |
|------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                    | Cebuino                         | Europeo                         | Cebuino                         | Europeo                         | Cebuino                         | Europeo                         |
| <b>n</b>                           | 3                               | 3                               | 5                               | 5                               | 5                               | 5                               |
| <b>Días experimentales</b>         | 122                             | 122                             | 122                             | 122                             | 122                             | 122                             |
| <b>Consumo promedio/animal, kg</b> | 489,45 $\pm$ 40,25              | 489,45 $\pm$ 40,25              | 482,62 $\pm$ 69,62              | 482,62 $\pm$ 69,62              | 480,03 $\pm$ 78,61              | 480,03 $\pm$ 78,61              |
| <b>Peso inicial, Kg</b>            | 353,00 $\pm$ 22,65 <sup>a</sup> | 352,67 $\pm$ 22,65 <sup>a</sup> | 363,00 $\pm$ 17,55 <sup>a</sup> | 334,00 $\pm$ 17,55 <sup>a</sup> | 380,00 $\pm$ 19,62 <sup>a</sup> | 338,60 $\pm$ 17,55 <sup>a</sup> |
| <b>Peso final, Kg</b>              | 489,00 $\pm$ 27,87 <sup>a</sup> | 500,67 $\pm$ 27,87 <sup>a</sup> | 505,40 $\pm$ 21,59 <sup>a</sup> | 489,00 $\pm$ 21,59 <sup>a</sup> | 484,75 $\pm$ 24,14 <sup>a</sup> | 486,00 $\pm$ 21,59 <sup>a</sup> |
| <b>GDP, Kg/animal/día</b>          | 0,99 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>    | 1,12 $\pm$ 0,09 <sup>a</sup>    | 1,05 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>    | 1,07 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>    | 0,93 $\pm$ 0,11 <sup>a</sup>    | 1,12 $\pm$ 0,07 <sup>a</sup>    |
| <b>Días de acostumbamiento</b>     | 22                              | 22                              | 22                              | 22                              | 22                              | 22                              |

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni,  $p < 0,05$ )

Al comparar los pesos promedio obtenidos al final de la evaluación según el componente racial y tratamiento, no se obtuvieron diferencias significativas ( $p > 0,05$ ). Los animales cebuinos del tratamiento T<sub>1</sub> presentaron mayores pesos (505,40kg), seguidos de los animales del tratamiento T<sub>0</sub> (489kg) y por último el tratamiento T<sub>2</sub> (484kg). Para los animales europeos se presentaron valores de 500,67; 489 y 484,75 kg para T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> respectivamente.

Según Gil *et al.*(s.f), la suplementación energética en bovinos tiende a mejorar los pesos al sacrificio de los animales. Los resultados observados difieren a lo descrito por los autores probablemente debido a una sobrevaloración de las fuentes energéticas (1,2-propanodiol) utilizadas en el tratamiento más energético (T<sub>2</sub>), ya que se utilizaron las características

nutricionales reportadas para la estimación de la cantidad de energía que podría generar el producto según la dosis recomendada.

Otro factor que posiblemente influyó en los pesos de los animales, fue el contenido de carbohidratos no fibrosos (CNF) de los tratamientos, ya que según el trabajo realizado por Linn (2001) y NRC (2001), las necesidades del ganado vacuno con respecto al porcentaje de CNF en la ración total, debe oscilar ser entre 35-38% (forraje más suplemento) de la materia seca, para asegurar el metabolismo de los AGV y su degradación en glucosa para generar energía. Con base en lo anterior, en el Cuadro 7 se detalla el aporte de CNF en la ración total (pasto + suplemento) para cada uno de los tratamientos.

Cuadro 7. Aporte de CNF (%) en la ración total (RT) de acuerdo con cada uno de los tratamientos utilizados para la suplementación de novillos en fase de finalización.

| Aporte            | Materia Seca(kg)         | T <sub>0</sub> (kg CNF) | T <sub>1</sub> (kg CNF) | T <sub>2</sub> (kg CNF) |
|-------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| <b>Pasto</b>      | 8                        | 1,22*                   | 1,22                    | 1,22                    |
| <b>Suplemento</b> | 3,48                     | 1,40**                  | 1,29                    | 1,04                    |
| <b>Total</b>      | 11,48                    | 2,62                    | 2,51                    | 2,26                    |
|                   | <b>%CNF<sub>RT</sub></b> | <b>22,82</b>            | <b>21,86</b>            | <b>19,69</b>            |

\*kg de CNF calculado en base al 15,24%CNF reportados por el análisis bromatológico

\*\*kg de CNF calculado en base a las cualidades nutricionales de las raciones (40,43; 37 y 30% CNF respectivamente)

Como se demuestra en el Cuadro 7, el aporte de CNF a la ración total es bajo con respecto a lo reportado por la literatura, lo cual indica que los mismos no logran satisfacer las necesidades energéticas de los animales. Cowan y Lowe (1998) mencionan, que esta condición, en gran medida es afectada por la baja calidad de las pasturas tropicales, por lo que Sánchez (2001) menciona que a la hora de la suplementación, las raciones deben poseer alto contenido de CNF, provenientes de materias primas tales como melaza, maíz y subproductos de trigo.

Según Sánchez (2001), cuando se utilizan forrajes y materias primas como las mencionadas, los carbohidratos estructurales o fibrosos (celulosa, hemicelulosa y lignina) y los no estructurales o no fibrosos (azúcares, almidones y pectinas) son fermentados por los microorganismos del rumen para producir AGV, los cuales aportan alrededor del 80% de la energía y mantienen el funcionamiento normal del rumen (Palladino *et al.*, 2012). Es por este motivo que la suplementación de raciones deficientes en CNF repercuten en la posterior

degradación de AGV (propionato, butirato y acetato), tal y como lo menciona Wattiaux y Armentano (2002), donde la mayoría del acetato y todo el propionato son transportados al hígado, pero la mayoría de butirato se convierte en la pared del rumen en cetonas, las cuales son la fuente principal de energía del organismo. Seguidamente el propionato y los aminoácidos (provenientes de la degradación de la proteína) se convierten en glucosa en el hígado.

Del mismo modo, Noro *et al.* (2006), afirman que la suplementación con concentrados ricos en almidón y la degradación de los mismos a nivel ruminal, favorece la producción de propionato (precursor de glucosa) incidiendo positivamente en el metabolismo energético, incrementando las concentraciones de glucosa y disminuyendo la movilización de lípidos.

Con respecto al comportamiento del tratamiento T<sub>1</sub> donde se obtuvo el mayor peso final, según Gómez y Fernández (2003), cuando se utilizan grasas de sobrepaso adicionadas en la ración total, los AGV pasan a través del rumen sin ser degradadas y por lo tanto no producen efectos negativos sobre la fermentación. Cuando estas llegan al abomaso y al intestino delgado son absorbidas, y según los mencionado por Blanco (1999) estas aportan gran cantidad de catecolaminas e insulina, la cual capta el acetato (precursor de AGV) y la glucosa, y a su vez promover las ganancias de peso.

Es probable que el gluconeogénico utilizado no actuara eficientemente en formación de glucosa vía gluconeogénesis, y esto limitara la acción de la insulina en la captación de glucosa dentro de la célula. Adicionalmente a ello, la síntesis de glucosa se ve desfavorecida al limitar en la ración la inclusión de materias primas que aportaran la cantidad necesaria de CNF , los cuales influyen el metabolismo de los AGV a nivel ruminal. Es decir, estos afectarían proporcionalmente la cantidad de propionato disponible para la producción de glucosa en hígado.

Con respecto a la administración del 1,2-propanodiol (propilenglicol), se ha demostrado en varios estudios (Orozco, s.f.)(Hidalgo *et al.*, 2007)(Castro, 2011), que este se metaboliza (vía gluconeogénesis) a propionato. En donde la mayoría sale del rumen sin ser degradado y se traslada vía portal al hígado para ser convertido en piruvato y finalmente en glucosa por oxidación del oxalacetato.

En relación con el metabolismo de la insulina se ha demostrado (Orozco s.f.; Hidalgo *et al.* 2007; Castro 2011), que el propilenglicol eleva los niveles de esta hormona en sangre, con lo cual se esperaría una mejor respuesta animal en el crecimiento.

Castro (2011), menciona que la disponibilidad de cantidades insuficientes de propionato para el metabolismo ruminal presenta serias limitaciones, debido al reducido consumo de CNF y a la alta demanda de precursores de energía. De esta manera, la cantidad de propionato disponible para la movilización y oxidación de las grasas es insuficiente. Por consiguiente, teóricamente la administración de precursores de propionato como el propilenglicol deberá de tener un efecto positivo sobre la regulación del metabolismo energético. Esto difiere con los resultados obtenidos en ganancia y peso final, debido a que el gluconeogénico no actuó eficientemente en la formación de propionato a nivel del intestino delgado.

### **4.3. Pruebas ultrasonográficas**

En el Cuadro 8, se presentan los valores promedio de las ultrasonografías realizadas en finca, en las cuales no se encontraron diferencias ( $p>0,05$ ) a nivel de tratamiento ni de componente racial. Resultados similares encontraron (Nour y Thonney, 1987)(Wood y Smulders, 1999)(Klee y Chavarría, 2002), con la utilización de raciones energéticas para la infiltración de grasa intramuscular.

Para la variable de marmoleo, los animales europeos presentaron valores mayores en comparación con los animales cebuínos, siendo las raciones T0 y T2 superior al T1 (3,76, 3,72 y 3,57% respectivamente), sin embargo, estos valores según el Cuadro 8 de clasificación del grado de marmoleo de la Federación de Mejoramiento de la Carne (BIF), los valores entre 3,0 y 3,9%, posicionan a las canales en calidad estándar o Trazas.

Cuadro 8. “Puntuaciones numéricas sugeridas para el grado de calidad y marmoleo según la BIF.

| <b>Quality Grade</b>                | <b>Marbling</b>          | <b>Numeric Score</b> |
|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|
| Prime (PR <sup>+</sup> )            | Abundant (A)             | 10.0 – 10.9          |
| Prime (PR <sup>o</sup> )            | Moderately abundant (MA) | 9.0 – 9.9            |
| Prime (PR <sup>-</sup> )            | Slightly abundant (SA)   | 8.0 – 8.9            |
| Choice (CH <sup>+</sup> )           | Moderate (MD)            | 7.0 – 7.9            |
| Choice (CH <sup>o</sup> )           | Modest (MT)              | 6.0 – 6.9            |
| Choice (CH <sup>-</sup> )           | Small (SM)               | 5.0 – 5.9            |
| Select (SE <sup>- &amp; +</sup> )   | Slight (SL)              | 4.0 – 4.9            |
| Standard (ST <sup>+</sup> )         | Traces (TR)              | 3.0 – 3.9            |
| Standard (ST <sup>- &amp; o</sup> ) | Practically devoid (PD)  | 2.0 – 2.9            |
| Utility (U)                         | Devoid (D)               | 1.0 – 1.9            |

Tomada de Selecting perfect beef with ultrasound (Jeager 2014)

Los animales europeos de las dietas menos energéticas (T0 y T1Mcal) obtuvieron mejor profundidad muscular (58,60 y 57,46mm respectivamente) en comparación con el tratamiento T2.

Para la variable grasa dorsal, los animales cebuínos del tratamiento t0 y t1, exhibieron mayores valores (4,21 y 3,82mm respectivamente) con respecto al t2 (3,47mm).

Cuadro 9. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las ultrasonografías evaluadas en la finca La Vega, Tecnológico de Costa Rica Sede San Carlos, según el tratamiento y componente racial.

| Variable                             | T <sub>0</sub>                |                               | T <sub>1</sub>                |                               | T <sub>2</sub>                |                               |
|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                      | Cebuino                       | Europeo                       | Cebuino                       | Europeo                       | Cebuino                       | Europeo                       |
| <b>Grasa dorsal (GD), mm</b>         | 4,21 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>  | 3,68 $\pm$ 0,71 <sup>a</sup>  | 3,82 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>  | 3,71 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>  | 3,47 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup>  | 3,16 $\pm$ 0,66 <sup>a</sup>  |
| <b>Profundidad muscular (PM), mm</b> | 53,89 $\pm$ 2,48 <sup>a</sup> | 58,60 $\pm$ 2,48 <sup>a</sup> | 56,05 $\pm$ 2,29 <sup>a</sup> | 57,46 $\pm$ 2,29 <sup>a</sup> | 56,74 $\pm$ 2,36 <sup>a</sup> | 55,16 $\pm$ 2,29 <sup>a</sup> |
| <b>Marmoleo (M), %</b>               | 3,35 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>  | 3,76 $\pm$ 0,25 <sup>a</sup>  | 3,01 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>  | 3,57 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>  | 3,24 $\pm$ 0,21 <sup>a</sup>  | 3,72 $\pm$ 0,20 <sup>a</sup>  |

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni,  $p < 0,05$ )

Según FPTA (2001) el espesor de grasa subcutánea explica el 70% de la variación en rendimiento de las canales. Las tasas de crecimiento varían con los diferentes tipos biológicos y líneas genéticas, lo que determina la utilidad de esta variable para predecir rendimiento carnicero. Los resultados obtenidos por la investigación, indican que la ultrasonografía es

suficientemente sensible para detectar los cambios en el espesor de grasa en el tiempo en el animal *in vivo*. Sin embargo, parte de la variación de los datos puede darse al relacionar la medición en vivo y la correspondiente en la canal, debido a la utilización de un software no apto para condiciones tropicales bajo sistemas de pastoreo y suplementación. El mismo autor afirma, que la predicción de la profundidad muscular medido con ultrasonografías, supera a la realizada en la canal, ya que la pérdida de sangre en los capilares y la falta de oxígeno en el animal cosechado, reducen el efecto de dispersión en comparación con las ondas ultrasónicas (FPTA, 2001).

Según Contreras (2005) el marmoleo o grasa intramuscular depende principalmente del factor genético, ya que las diferencias de crecimiento entre los distintos grupos raciales, afectan de manera directa características como el rendimiento de la canal, al ser las razas europeas más precoces que las continentales y cebuínas. Es probable que la diferencia entorno a los resultados obtenidos en este trabajo, se deba al tipo de sistema de alimentación, así como la cantidad y calidad de las materias primas utilizadas para la finalización. En condiciones tropicales prevalece una alimentación a base de pastos y bajos niveles de inclusión de fuentes amiláceas, lo que incide con la deposición de grasa intramuscular y por consiguiente en los valores de grasa dorsal de novillos en finalización al correlacionarse negativamente estas variables.

Según Elizalde (2002) (Gil *et al.*, s.f.), animales finalizados con raciones ricas en energía, deposita mayor cantidad de grasa intramuscular más temprano que bovinos alimentados con raciones bajas en energía, aun cuando sea evaluado a un mismo peso vivo. Esto concuerda con las tendencias de los resultados obtenidos durante la investigación, en donde los animales con mayor proporción de genes *Bos taurus*, presentaron mayor deposición de grasa intramuscular en comparación con animales *Bos indicus*.

Además, el efecto de la composición racial afecta el marmoleo, tal y como lo han demostrado por Pimentel (1999), el cual afirma que ciertas razas bovinas de origen europeo, presentan una mayor cantidad de puntos de grasa intramuscular que los animales cebuínos.



#### 4.4. Características biométricas de las canales

Los animales fueron sacrificados con edades entre 26,7 y los 27,5 meses, donde se obtuvo el peso pie en planta (PPP) y el peso de la canal caliente (PCC) para posteriormente obtener el rendimiento en canal, tal y como se demuestra en el Cuadro 9. No hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) para las variables evaluadas a nivel de planta de cosecha (rendimiento, grosor de grasa, peso de la grasa peri renal y AOL).

En relación con el rendimiento en canal los valores mayores correspondieron a animales cebuínos del tratamiento  $T_0$ , seguidos de los animales europeos de los tratamientos  $T_2$  y  $T_1$  (59,03 y 58,04% respectivamente).

Una similar tendencia mostró el AOL, donde  $T_0$  obtuvo los mayores valores en los animales cebuínos ( $73,24\text{cm}^2$ ), seguidos de los animales europeos de los tratamientos  $T_0$ ,  $T_1$  y  $T_2$  (72,14; 67,64 y  $66,87\text{cm}^2$  respectivamente).

Para la grasa peri renal, el tratamiento  $T_1$  mostró los valores mayores en comparación con los otros tratamientos, siendo 8,24kg para los animales europeos y 8,14kg para los animales cebuínos.

Para la variable grosor de grasa se presentó una respuesta similar, en donde los animales cebuínos del tratamiento  $T_1$  mostraron los valores mayores (4,43mm) seguidos por los europeos del  $T_2$  (3,70mm).

Cuadro 10. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las variables evaluadas en la planta de matanza Coopemontecillos R.L, según el tratamiento y componente racial

| Variable             | $T_0$                         |                               | $T_1$                         |                               | $T_2$                         |                               |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                      | Cebuino                       | Europeo                       | Cebuino                       | Europeo                       | Cebuino                       | Europeo                       |
| Edad, meses          | 26,93 $\pm$ 0,38              | 27,27 $\pm$ 1,16              | 27,06 $\pm$ 1,42              | 27,46 $\pm$ 0,82              | 27,25 $\pm$ 0,73              | 26,70 $\pm$ 0,53              |
| PPP, kg              | 456,17 $\pm$ 28,15            | 459,33 $\pm$ 28,15            | 469,20 $\pm$ 21,80            | 452,70 $\pm$ 21,80            | 449,38 $\pm$ 24,38            | 449,90 $\pm$ 21,80            |
| PCC, kg              | 272,10 $\pm$ 16,50            | 266,20 $\pm$ 16,50            | 269,32 $\pm$ 12,78            | 262,96 $\pm$ 12,78            | 258,55 $\pm$ 14,29            | 265,36 $\pm$ 12,78            |
| Rendimiento, %       | 59,64 $\pm$ 0,67 <sup>a</sup> | 57,90 $\pm$ 0,68 <sup>a</sup> | 57,34 $\pm$ 0,53 <sup>a</sup> | 58,04 $\pm$ 0,52 <sup>a</sup> | 57,48 $\pm$ 0,58 <sup>a</sup> | 59,03 $\pm$ 0,52 <sup>a</sup> |
| Grosor de Grasa, mm  | 3,02 $\pm$ 0,88 <sup>a</sup>  | 3,70 $\pm$ 0,94 <sup>a</sup>  | 4,43 $\pm$ 0,72 <sup>a</sup>  | 3,60 $\pm$ 0,70 <sup>a</sup>  | 3,41 $\pm$ 0,77 <sup>a</sup>  | 2,66 $\pm$ 0,69 <sup>a</sup>  |
| Grasa Peri renal, kg | 7,73 $\pm$ 0,92 <sup>a</sup>  | 7,50 $\pm$ 0,99 <sup>a</sup>  | 8,14 $\pm$ 0,14 <sup>a</sup>  | 8,24 $\pm$ 1,83 <sup>a</sup>  | 6,83 $\pm$ 0,88 <sup>a</sup>  | 6,52 $\pm$ 0,77 <sup>a</sup>  |
| AOL, $\text{cm}^2$   | 73,24 $\pm$ 4,94 <sup>a</sup> | 72,17 $\pm$ 4,94 <sup>a</sup> | 61,05 $\pm$ 4,29 <sup>a</sup> | 67,64 $\pm$ 4,25 <sup>a</sup> | 56,93 $\pm$ 4,42 <sup>a</sup> | 66,87 $\pm$ 4,24 <sup>a</sup> |

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni,  $p < 0,05$ )

Las tendencias observadas para el rendimiento en canal ( $p > 0,05$ ), indican que los animales cebuínos del tratamiento  $T_0$  presentan mejores valores. Esto contradice lo descrito por (Contreras 2005; Rodas *et al.* 2005; López *et al.* 2007) en ensayos realizados bajo sistemas de suplementación energética con respuestas mejores en animales europeos en comparación con animales cebuínos. Sin embargo Huertas *et al.* (1997) encontró que los animales cebuínos presentaron mejores rendimientos cárnicos y carnes más duras en comparación con los europeos.

En el estudio realizado por Tatum *et al.* (1988); Klee y Chavarría (2002); Contreras (2005); obtuvieron canales con mayor EDG en novillos finalizados con mayor proporción de granos, en comparación con raciones que tenían menor cantidad de granos o mayor cantidad de forraje. Además, los mismos mencionan que el valor del EGD es limitado en el bovino, debido a la distribución desuniforme de la grasa subcutánea, comparándose desfavorablemente con la apreciación visual de la grasa subcutánea o de cobertura y por ende el EGD sólo indica la grasa en un punto de la canal.

Similar comportamiento exhibieron los tratamientos  $T_0$  y  $T_1$  para grasa peri renal, en donde se reflejó que la mayor proporción de grano en la ración favorece el depósito de grasa a nivel peri renal. Similares resultados obtuvieron Gorrachategui (1997) y Rodas *et al.* (2006), al evaluar la suplementación energética utilizando fuentes ricas en CNF (algodón y maíz) sobre la deposición de grasa, obteniendo mayor respuesta de esta variable.

Con respecto al AOL, la utilización de raciones energéticas no influyó ( $p > 0,05$ ) en el desarrollo muscular a nivel del *Longissimus dorsi lumborum*, y el componente racial no tuvo efecto en la misma. Sin embargo, Gil *et al.* (s.f.); Contreras (2005) mencionan que la suplementación con granos influye positivamente el AOL, obteniendo mejores resultados en comparación con animales alimentados con base a pastos, lo cual concuerda con los resultados obtenidos ya que según los niveles de inclusión de los tratamientos (Cuadro 4), el  $T_0$  contenía los mayores niveles de inclusión de maíz (30%), seguido del  $T_1$  (27,58%) y finalmente el  $T_2$  con 9,14%.

#### 4.5. Características asociadas a la calidad de la carne.

En el Cuadro 10, se muestran los valores promedio ( $\pm$ EE) de la fuerza de corte según la interacción tratamiento – componente racial. Se encontraron diferencias ( $p < 0,05$ ) en los 14 días de maduración, en donde los animales europeos presentaron menores valores de fuerza de corte. Similares resultados obtuvieron Whipple *et al.* (1990); Latimori *et al.* (2003); Panea *et al.* (2008); Paniagua y Ocampos (2013); al comparar la fuerza de corte en animales *Bos taurus* y *Bos indicus*, obteniendo carnes más suaves para los *B.taurus*. Esto según Teira (2004), se debe a que las razas de origen índico presentan el mayor nivel de actividad de las calpastatinas (inhibidores naturales de la proteólisis calpaínica) y representa una menor velocidad y profundidad de los efectos de la maduración, dando una carne más dura en comparación con la proveniente de animales *Bos taurus*.

No se encontraron diferencias ( $p > 0,05$ ) para la variable porcentaje de merma. Similares resultados encontraron Rodríguez *et al.* (2014), donde obtuvieron porcentajes de merma entre 27 y 28% para muestras de *Longissimus dorsi lumborum*.

Cuadro 11. Valores promedio ( $\pm$ EE) de las variables asociadas a calidad de la carne, según el tratamiento y componente racial

| Variable                   | T <sub>0</sub>            |                           | T <sub>1</sub>            |                           | T <sub>2</sub>            |                           |
|----------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                            | Cebuino                   | Europeo                   | Cebuino                   | Europeo                   | Cebuino                   | Europeo                   |
| Días de maduración         | 14                        | 14                        | 14                        | 14                        | 14                        | 14                        |
| <b>Peso Crudo, g</b>       | 220,41±16,29 <sup>a</sup> | 221,89±16,29 <sup>a</sup> | 201,45±14,96 <sup>a</sup> | 202,90±14,85 <sup>a</sup> | 191,65±15,38 <sup>a</sup> | 203,00±14,85 <sup>a</sup> |
| <b>Peso Cocinado, g</b>    | 162,40±14,84 <sup>a</sup> | 160,30±14,84 <sup>a</sup> | 147,07±13,65 <sup>a</sup> | 148,49±13,58 <sup>a</sup> | 138,17±14,05 <sup>a</sup> | 148,35±13,58 <sup>a</sup> |
| <b>Merma, %</b>            | 26,31±4,14 <sup>a</sup>   | 27,82±4,14 <sup>a</sup>   | 27,04±3,82 <sup>a</sup>   | 27,04±3,82 <sup>a</sup>   | 28,39±3,94 <sup>a</sup>   | 27,27±3,82 <sup>a</sup>   |
| <b>Fuerza de Corte, kg</b> | 8,53±0,10 <sup>a</sup>    | 5,32±0,17 <sup>b</sup>    | 7,14±0,67 <sup>ab</sup>   | 6,94±1,07 <sup>ab</sup>   | 8,83±0,68 <sup>a</sup>    | 6,77±0,72 <sup>ab</sup>   |

Dentro de fila, medias con letra diferente son significativamente diferentes (Bonferroni,  $p < 0,05$ )

El efecto del periodo de maduración con respecto a características de textura de la carne ha sido estudiado por Lewis *et al.* (1991); Dransfield (1994); Campo *et al.* (2000); Sañudo *et al.* (2004); Rodas *et al.* (2007); Panea *et al.* (2008); Franco *et al.* (2008) en donde encontraron diferencias ( $p < 0,05$ ) en 0, 2, 7 y 14 días de maduración, mientras que entre 14 y 21 días no era significativo. Lo anterior fue corroborado por Rodríguez (2014), en donde obtuvo resultados similares en animales cebuinos suplementados con dietas energéticas, los cuales

presentaron los mayores valores para fuerza de corte, por lo que se puede concluir que los periodos de maduración superiores a 14 días garantizan una mayor proporción de carnes tiernas.

En relación a la fuerza de corte y según el grupo racial y periodo de maduración el tratamiento T0 presentó menor valor de fuerza de corte (5,32kg), seguido del tratamiento T2 (6,77kg) y por último el T1 (6,94kg). Resultados similares han sido descritos Rodas *et al.* (2007), en donde compararon la alimentación a base de pasturas vs. la suplementación con granos, y resaltan que la fuerza de corte es mayor en animales a base de pastoreo y las carnes presentan un sabor desagradable a la hora de ser evaluadas mediante paneles sensoriales. Sin embargo, Jeremiah *et al.* (1998); Sinclair *et al.* (1998); Contreras (2005), resaltan que la alimentación con granos no tiene efecto importante, caso contrario a lo expresado por Miller (1983); Huertas *et al.* (1997); Vásquez *et al.* (2007); Paniagua y Ocampos (2013), los cuales encontraron que una mayor cantidad de granos aumenta el contenido energético de la ración, lo que causa un mayor engrasamiento de la canal y de la carne y consecuentemente incrementa el porcentaje de grasa intramuscular y la síntesis de colágeno lo que favorece a la disminución de la resistencia al corte.

#### **4.6. Análisis Multivariado**

El análisis por componentes principales (ACP) ordena las variables con el fin de eliminar variables que fueran redundantes y aquellas que aportaron poca información a la variabilidad total (Figura 20). Estas variables fueron: P2, P3, GDP1, GDP2, GDP 4, Ganancia total, Grasa peri renal, Marmoleo, AOL, Fuerza de corte, Peso cocinado, % merma.

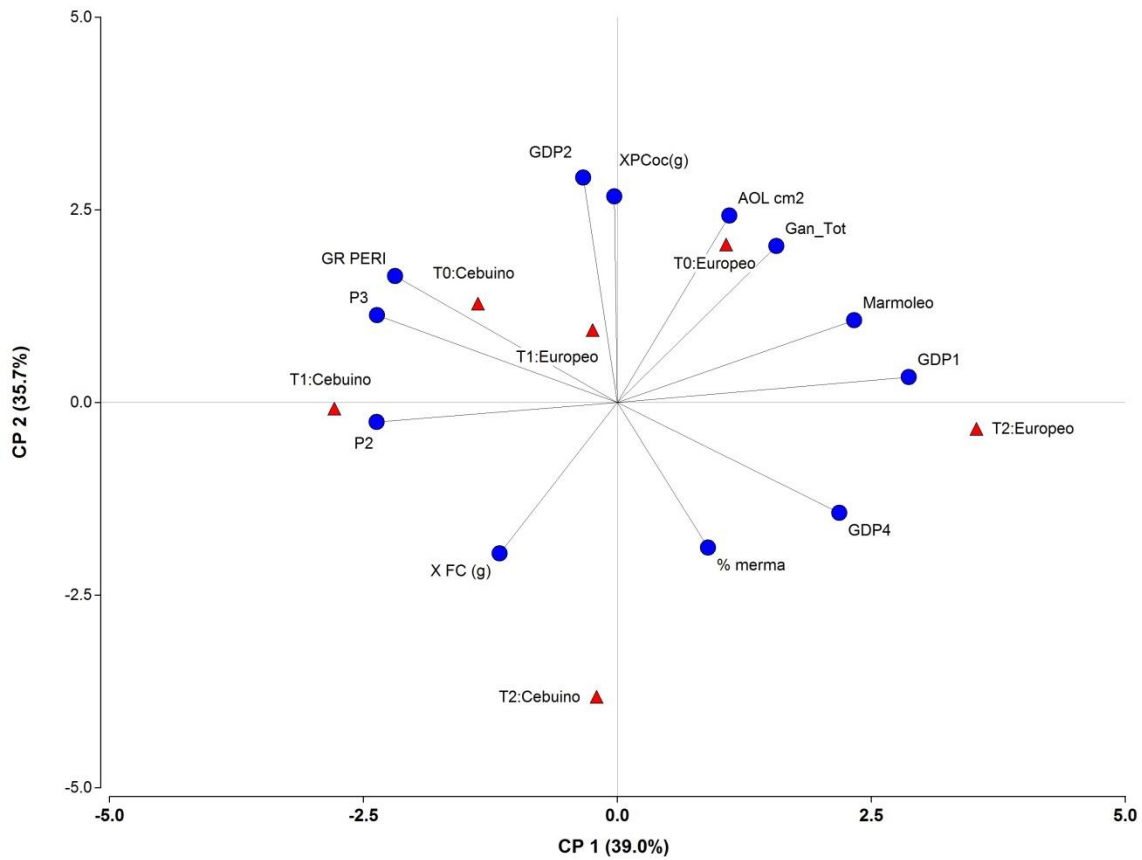


Figura 16. Grafico bivariado de los dos primeros componentes principales para las variables seleccionadas según el tratamiento (nivel energético) y el componente racial.

La figura anterior muestra, que el 74% de la variación total se explica con los dos primeros componentes principales.

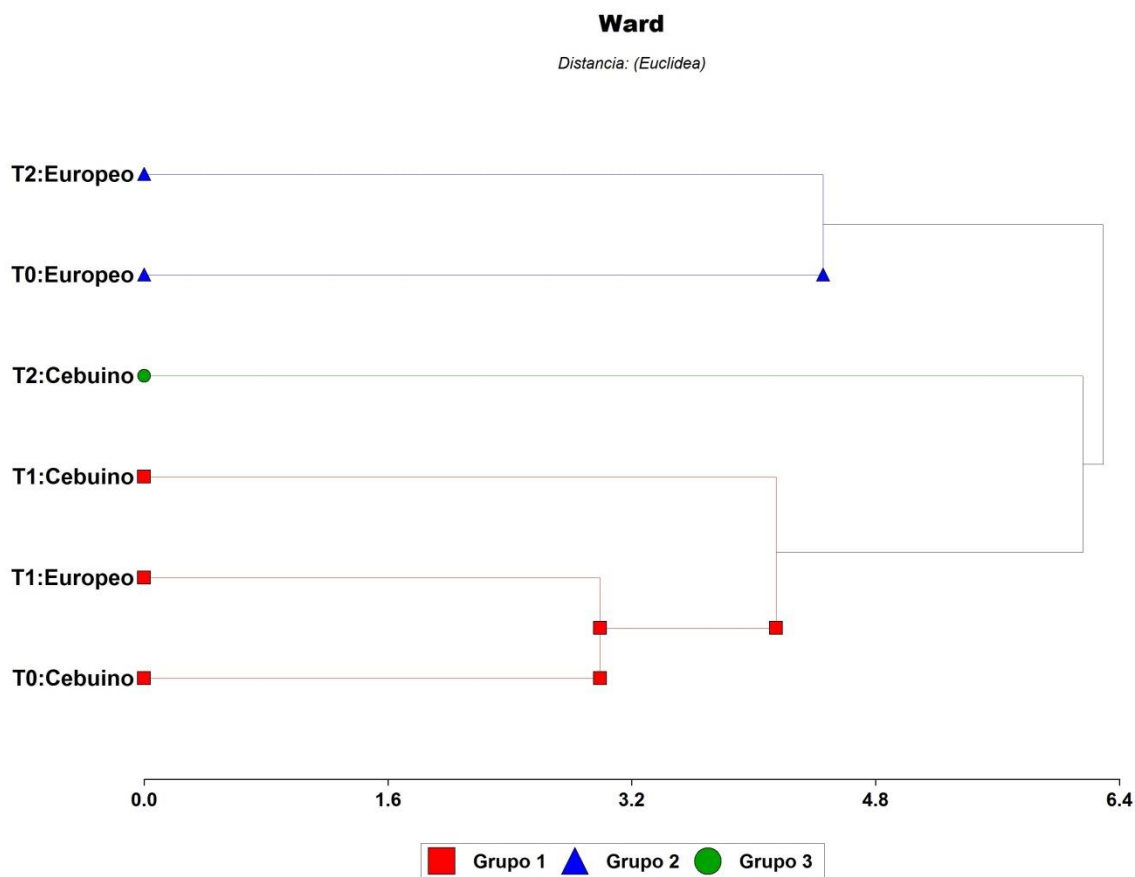


Figura 17. Agrupamiento de los conglomerados (según tratamiento y componente racial), con base en el conjunto de variables analizadas.

Una vez seleccionadas las variables se realizó un análisis de conglomerados, con el fin de agrupar los tratamientos. Se formaron tres conglomerados: el conglomerado 1 lo conformaron el tratamiento  $T_1$  con los dos componentes raciales y  $T_0$  del componente racial cebuino. El conglomerado 2 lo conformaron el tratamiento  $T_0$  y  $T_2$  del componente racial europeo, y finalmente el conglomerado 3 el tratamiento  $T_2$  del componente racial cebuino (Figura 21). La correlación cofenética del análisis fue de 0,70, lo cual indica, que los conglomerados formados son aceptables. De acuerdo con el análisis discriminante se encontró un sesgo de 4,35 % (tasa de error aparente) debido a que una repetición (un animal) no se encontraban dentro del conglomerado asignado.

En el Cuadro 11, se muestran los resultados obtenidos en el análisis de varianza multivariado para los conglomerados y las variables seleccionadas (Prueba de Hotelling Alfa=0,05). Se encontraron diferencias entre conglomerados (Roy,  $p=0,0107$ ), existiendo diferencias entre el conglomerado uno y dos, mientras que el conglomerados tres comparte similitudes con los dos anteriores.

Cuadro 12. Vector de medias del análisis multivariado para los conglomerados según las variables evaluadas de las canales bovinas.

| Variables              | Conglomerados    |                                   |   |
|------------------------|------------------|-----------------------------------|---|
|                        | 1                | 2                                 | 3   |
| Tratamiento            | T <sub>2</sub> C | T <sub>2</sub> E T <sub>0</sub> E | T <sub>1</sub> C, T <sub>1</sub> E,<br>T <sub>0</sub> C |
| Dif. Significativas*   | A                | B                                 | AB  |
| Ganancia Total, kg     | 1,04             | 1,12                              | 0,93  |
| P2, kg                 | 447,50           | 428,38                            | 435,65  |
| P3, kg                 | 471,25           | 453,75                            | 464,62  |
| GDP1, kg               | 1,01             | 1,22                              | 1,04  |
| GDP2, kg               | 1,20             | 1,18                              | 0,93  |
| GDP4, kg               | 0,99             | 1,26 <sup>b</sup>                 | 1,00  |
| Grasa Peri renal, kg   | 8,08             | 6,89                              | 8,10  |
| Marmoleo, mm           | 3,33             | 3,64                              | 3,14  |
| AOL, cm <sup>2</sup>   | 65,33            | 68,96                             | 63,04   |
| FC, kg/cm <sup>2</sup> | 7,38             | 6,22                              | 9,81  |
| Peso cocinado, g       | 150,7            | 152,28                            | 137,89  |
| Merma, %               | 26,87            | 27,48                             | 28,14   |

\*Dentro de columna, medias con letra diferente son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ )

Se observó que la variable FC resultó ser inferior ( $p < 0,05$ ) en el conglomerado que agrupaba los animales europeos, tal y como se mencionó anteriormente, en donde los animales con mayor cantidad de genes europeos presentan carnes más suaves respecto a los animales cebuínos (Bidner *et al.* 1986; McCaughey y Cliplef 1996; Cid 1999; Bidner *et al.* 2002; Cerdeño *et al.* 2005).

Del mismo modo, la variable AOL presentó los valores mayores para los animales del componente racial europeo, lo cual concuerda con la literatura, en donde los animales europeos alimentados con dietas energéticas y en pastoreo, tienden a ser superiores en

cuanto a calidad de la canal con respecto a los animales cebuínos (Cid 1999; Bidner *et al.* 2002; Casas *et al.* 2009).

Similar comportamiento se obtuvo para la ganancia total, en donde el conglomerado que agrupo animales europeos mostro las mayores ganancias. Lo que concuerda con lo mencionado por Özlütürk *et al.*, 2003; Riera *et al.*, 2004; Angulo *et al.*, 2007; Waritthitham *et al.* 2010, en donde los animales con mayor proporción de genes *Bos taurus* presentan mejores ganancias diarias de peso al ser suplementados con dietas energéticas o con inclusión de granos.



## 5. CONCLUSIONES

- Las pasturas utilizadas en esta investigación se clasifican de baja y mediana calidad según los análisis bromatológicos realizados.
- La suplementación de tres niveles crecientes de energía sobre los cruces raciales no mejoró ( $p>0,05$ ) la ganancia diaria de peso en los animales de cada tratamiento.
- No se encontraron diferencias significativas ( $p>0,05$ ) en cuanto a la tasa de crecimiento de los animales según el tratamiento.
- Existe una sobreestimación de efecto gluconeogénico del 1,2-propanodiol en cuanto al aporte energético del producto a la hora de suplementarlo en novillos de engorde en etapa de finalización.
- No se encontraron diferencias ( $p>0,05$ ) del efecto de la dieta para características de la canal medidas *in vivo* y en planta de cosecha
- Se encontró un efecto de cruce racial ( $p<0,05$ ) para la fuerza de corte a los 14 días de maduración, en donde los animales europeos mostraron carnes de mayor suavidad.
- La inclusión de fuentes amiláceas (maíz y acemite) en las raciones mejoran las características de calidad de la canal y de la carne en individuos con mayor proporción de genes *Bos taurus*.

## 6. RECOMENDACIONES

- Realizar más investigación en relación con los mecanismos fisiológicos de formación de glucosa a partir de compuestos gluconeogénicos (p.e. 1,2-propanodiol), así como determinar los niveles adecuados de inclusión en raciones totales.
- Adecuar la infraestructura para obtener más subgrupos a la hora de la suplementación con el propósito de evitar competencias entre los animales.
- Balancear adecuadamente los CNF de la ración total debido a la baja calidad de las pasturas del trópico.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, K; Valverde, J. 2011. Desarrollo local en la Región Huetar Norte. Culturas y Desarrollo en Centroamérica. (en línea). Consultado el 30 de mayo 2013. Disponible en <http://web.uned.ac.cr/ifcmdl/attachments/article/217/CONTENIDO%202.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 18 de julio 2014. Disponible en <http://www.uco.mx/revaiia/portal/pdf/2011/sept/3.pdf>.
- Araya, M; Boschini, C. 2004. Producción de forraje y calidad nutricional de variedades de Pennisetum purpureum en la Meseta Central de Costa Rica. (en línea). Revista Agronomía Mesoamericana. 16:37-43. Consultado 30 julio 2014. Disponible en [http://www.mag.go.cr/rev\\_meso/v16n01\\_037.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_meso/v16n01_037.pdf)
- Arce, E. 2012. Situación mundial, regional y nacional de la ganadería, retos y oportunidades. III Congreso Ganadero Nacional Corfoga 2012: Innovación y Competitividad. Costa Rica. Consultado el 29 de mayo del 2013. Disponible en <http://encuentroganadero.com/wp-content/uploads/2012/02/01-Situaci%C3%B3n-mundial-y-nacional-de-la-ganader%C3%ADa-retos-y-oportunidades-Eduardo-Arce-D%C3%ADaz-PhD-Consultor-de-FAO.pdf>
- Ardaya, J; Zapata, E. 1999. Efecto de la castración en la ganancia de peso, el rendimiento y la calidad de canal de bovinos machos semiestabulados en la EARTH. Tesis Lic. Guácimo, CR: EARTH. (en línea). Consultado el 16 agosto 2014. Disponible en <http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/pdf/pg99-30.pdf>.
- Asenjo, M; Ciria, J. 1998. Calidad de la carne de vacuno. Área de producción animal. (en línea). Revista Mundo Ganadero. Julio-Agosto:40-43. Consultado el 17 julio 2014. Disponible en

[http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf\\_MG/MG\\_1998\\_102\\_40\\_43.pdf](http://www.magrama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/revistas/pdf_MG/MG_1998_102_40_43.pdf).

- Balan, P; Yuan, B; Stuart, A; Kemp, R; Farouk, M. 2014. Efecto de la estimulación eléctrica y las condiciones de temperatura pre-rigor sobre el potencial de maduración de carne bovina deshuesada en caliente. (en línea). Revista La Industria Cárnica Latinoamericana.189:56-60. Consultado 4 octubre 2014. Disponible en <http://www.publitec.com.ar/contenido/objetos/Efectosdelaestimulacionelectrica.pdf>
- Bidner, T. D.; Schupp, A. R.; Mohamad, A. B.; Rumore, N. C.; Montgomery, R. E.; Bagley, C. P. 1986. Acceptability of beef from Angus-Hereford or Angus-Brahman steers finished on all-forage or a high-energy diet. Journal of Animal Science. 62. 381–387.
- Bidner, T. D.;Wyatt, W. E; Humes, P. E. 2002. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition and palatability (en línea). Journal Animal Science. 80. 2126-2133. Consultado el 24 noviembre 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/80/8/2126.short>
- Black, A; Brown, R; Emery, R. 1967. Metabolismo del DL-1,2-Propanediol-2- 14C en vacas lactantes. (en línea). The Journal Nutrition. 92:348-356. Consultado el 14 octubre 2014. Disponible en MEJOR ELIMINARLO
- Blanco, M. 1999. El alimento y los procesos digestivos en el rumen (en línea). Revista Producción Animal. Argentina. Consultado el 27 octubre 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/70-alimentos\\_rumen.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/70-alimentos_rumen.pdf)
- Bo, G; Caccia, M. 2000. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. (en línea). Taurus. 2(5):23-39 Consultado el 17 julio 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/39-ultrasonografia\\_reproductiva\\_en\\_bovino.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/39-ultrasonografia_reproductiva_en_bovino.pdf).

Breckenridge, G; Czerkawski, J. 1972. Disimilación de 1,2-propanodiol por microorganismos del rumen. (en línea). Revista de nutrición Británica. 29: 317-330. Consultado el 11 agosto 2014. Disponible en NO ENCONTRE

Breckenridge, G; Czerkawski, J. 1972. Disimilación de 1,2-propanodiol por microorganismos del rumen. Instituto de Investigación Hannah, Escocia. Revista de nutrición Británica. Volumen 29. 317-330pp

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)

Campo, MM; Santolaria, P; Sañudo, C; Lepetit, J; Olleta, JL; Panea, B; Albertí, P. 2000. Assessment of breed type and ageing time effects on beef meat quality using two different texture devices. (en línea). Rev Meat Science. 55(4):371-378. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917409900162X>.

Carrazo, PM; González, V; Picchio, ML. 2009. Evaluación de procesos de transformación de glicerina. (en línea). Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en [http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal\\_frvm/CyTAL\\_2010/Trabajos%20y%20Prologo/Trabajos%20CyTAL%202010/TF%20-%20006%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Procesos%20de%20Transformaci%C3%B3n.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frvm/CyTAL_2010/Trabajos%20y%20Prologo/Trabajos%20CyTAL%202010/TF%20-%20006%20-%20Evaluaci%C3%B3n%20de%20Procesos%20de%20Transformaci%C3%B3n.pdf)

Casas, E; Thallman, R; Kuehn, L. A.; Cundiff, L. V. 2009. Postweaning growth and carcass traits in crossbred cattle from Hereford, Angus, Brangus, Beefmaster, Bonsmara, and Romosinuano maternal grandsires (en línea). Journal of Animal Science. 88. No.1. 102-108. Consultado el 26 noviembre 2014. Disponible en <http://www.journalofanimalscience.org/content/88/1/102.full.pdf+html>

Castejon, F; Garrido, R. 1965. Nutrición animal y dietética veterinaria. España, Acribia. 988 pp.

- Castro, A. 2002. Ganadería de carne. (en línea). Revista Producción Bovina. 2: 259. Consultado 11 agosto 2014. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=uTNhADkmP7UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=uTNhADkmP7UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Castro, M. 2011. Efecto del nivel de suplementación con propilenglicos durante el periodo de transición a la lactancia sobre actividad ovárica, salud uterina y desempeño reproductivo en vacas Holstein. Tesis M.Sc. Medellin, Colombia, Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. (en línea). Consultado 4 octubre 2014. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/5752/>.
- Cerdeño, A; Vieira, C; Serrano, E; Lavín, P; Mantecón, A. 2005. Effects of feeding strategy during a short finishing periodo on performance, carcass and meat quality in previously grazed young bulls (en línea). Meat Science. 72. 719-726. Consultado el 25 noviembre 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174005003724>
- Cid, J.F. 1999. Características de la canal, rendimiento al desposte y fuerza de cizalla del músculo *Longissimus thoracis* en novillitos y vaquillas. Tesis Lic. Valdivia, Chile. Universidad Austral de Chile. 55p.
- Clapperton, J; Czerkawski, J. 1971. Metabolismo del 1,2 propanodiol infundido en el rumen de ovejas. (en línea). Revista británica de nutrición. 27:53-60. Consultado 17 octubre 2014. Disponible en [http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN27\\_03%2FS0007114572000674a.pdf&code=de931edd7f97be36d69390f92ddf4fcd](http://journals.cambridge.org/download.php?file=%2FBJN%2FBJN27_03%2FS0007114572000674a.pdf&code=de931edd7f97be36d69390f92ddf4fcd)
- Congreso Ganadero Nacional: Innovación y Competitividad, (3°, 2012, San José, CR). 2012. Situación mundial, regional y nacional de la ganadería, retos y oportunidades. (en línea). Consultado el 29 julio 2014. Disponible en <http://encuentroganadero.com/wp-content/uploads/2012/02/01-Situaci%C3%B3n-mundial-y-nacional-de-la-ganader%C3%ADa-retos-y-oportunidades-Eduardo-Arce-D%C3%ADaz-PhD-Consultor-de-FAO.pdf>.

- Congreso Nacional Agronómico, (11vo, San José, CR.) 1999. El futuro de la ganadería de carne en Costa Rica: La producción pecuaria. Hidalgo, C. 541 p. (en línea). Consultado 30 julio 2014. Disponible en [http://www.mag.go.cr/congreso\\_agronomico\\_xi/a50-6907-III\\_539.pdf](http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_539.pdf)
- 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. Universidad Austral de Chile. Facultad de Ciencias Veterinarias. 67pp.
- CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero, CR). 2012. Historia de la carne bovina en Costa Rica. (en línea). Consultada el 28 de noviembre 2014. Disponible en <http://corfoga.org/carne-de-costa-rica/historia-de-la-ganaderia/>.
- CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero, CR). 2003. Censo Ganadero Nacional. 35pp. (en línea). Consultado 18 julio 2014. Disponible en <http://www.corfoga.org/censo.php>.
- Cowan, R; Lowe, F. 1998. Tropical and Subtropical Grass Management and Quality. (en línea). Revista Grass for Dairy Cattle. Cornell University.101-135.
- Cuamatzi, O; Melo, V. 2007. Bioquímica de los procesos metabólicos. 2a ed. México D.F, México, Reverte. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://books.google.co.cr/books?id=KHec9weY8Y0C&printsec=frontcover&dq=definicion+de+glucosa+bioquimica&hl=es&sa=X&ei=xrOXUZz4OYm09QTPwoHADg&ved=0CEMQ6AEwBA#v=onepage&q=definicion%20de%20glucosa%20bioquimica&f=false>.
- Cuetia, J; Posso; A. Muñoz; J. Azaria; M. Álvarez; L. 2012. Tipificación de las frecuencias de los genes calpaína, calpastatina y lipina en bovinos criollos colombianos. (en línea). Actas iberoamericanas de conservación animal. 2:231-234. Consultado el 18 julio 2014. Disponible en <http://www.aicarevista.es/>
- Curso de especialización FEDNA, (13vo, Madrid, España). 1997. Influencia de la nutrición y otro factores en el rendimiento de la canal en terneros. Gorrachategui, M. Madrid, España. (en línea). Consultado 10 setiembre 2014. Disponible en <http://www.fvet.edu.uy/drupal->

6.16/sites/default/files/Lectura%20crecimiento%20y%20desarrollo\_Gorrachategui\_bovinos\_OPA.pdf.

Curso de especialización FEDNA. (13va, Madrid, España) 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Calsamiglia, S. Madrid, España, Universidad Autónoma de Barcelona. (en línea). Consultado 30 julio 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).

Di Marco, O. 2011. Estimación de calidad de los forrajes. (en línea). Revista de Producción Animal Argentino. 20(240):24-30. Consultado el 18 julio 2014. 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, JA; Casanoves, F; Balzarini, MG; Gonzalez, L; Tablada, M; Robledo, CW. 2014. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. Consultado 8 octubre 2014. Disponible en <http://www.infostat.com.ar>.

DRACKLEY, J. 1997. Minimizing Ketosis in High Producing Dairy Cows. IN: Tri-State Dairy Nutrition Conference. Fort Wayne, Indiana. Pp. 63-81.

Dransfield, E. 1994. Optimisation of tenderisation, ageing and tenderness. (en línea). Meat Science. 36:105-12. Consultado 16 julio 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030917409490037X>.

Elizalde JC. 2002. Sistema de alimentación y calidad de la carne obtenida en bovinos. Sociedad Chilena de Producción Animal. Serie Simposios y Compendios. 8: 43-76. (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?!sisScript=BIBACL.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=028996>.

Espasandín, A; Ducamp, F. 2004. El uso de cruzamientos vs la utilización de razas puras para la producción de carne bovina. (en línea). Producción Animal Argentino. 25:15-18. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.produccion->



animal.com.ar/genetica\_seleccion\_cruzamientos/bovinos\_de\_carne/64-cruzamientos\_vs\_razas\_puras.pdf.

Fenzo, R. 2005. Grasas de Efecto By-pass en Rumiantes. (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-carne/nutricion/articulos/grasas-efecto-bypass-rumiantes-t575/141-p0.htm>.

Ferrario, D. 2012. Ciclo de Krebs. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.medicinabc.com/2012/06/el-ciclo-de-krebs.html#axzz2W4nD5SVt>.

FPTA (Fondo de Promoción de Tecnología Agropecuaria, Uruguay). 2001. Utilización de ultrasonografías para la predicción de la composición y calidad de canal. (en línea). Programa Nacional de Bovinos para carne. 95pp. Consultado 4 setiembre 2014. Disponible en <http://www.inia.uy/Publicaciones/Documentos%20compartidos/14432230209155402.pdf>

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 17 julio 2014. Disponible en <http://aapa.org.ar/archivos/revistas/2008/vol28n1/005TPPFranco.pdf>

Galli, J; Cangiano, C; Fernández, H. 1996. Comportamiento ingestivo y consumo de bovinos en pastoreo. (en línea). Revista Argentina Producción Animal. 16:119-142. Consultado 20 julio 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/manejo\\_del\\_alimento/15-ingestivo\\_y\\_consumo\\_bovinos.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/15-ingestivo_y_consumo_bovinos.pdf)

Gallo, C; Apaoblaza, A; Pullido, R; Jerez, N. 2013. Efecto de una suplementación energética en base a maíz roleado sobre las características de calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. (en línea). Artículo de Medicina Veterinaria. 45: 237-245. Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2013000300003&script=sci\\_abstract](http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0301-732X2013000300003&script=sci_abstract)

- García, K. 2012. Respuesta a la suplementación con grasa sobrepasante en vacas mestizas en posparto en condiciones de trópico. Tesis Lic. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias. (en línea). Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/7136/1/206518.2012.pdf>.
- Gil, AD; Huertas, SM; Rampoldi, O. Composición de la grasa de cobertura en bovinos según diferentes tipos de alimentación (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en [http://www.bienestaranimal.org.uy/files/n\\_7.pdf](http://www.bienestaranimal.org.uy/files/n_7.pdf).
- Gomez, C; Fernández, M. 2003. Estimación del valor nutricional de los insumos e ingesta de materia seca. Curso: Formulación de raciones para vacunos en lactación. Presentación con fines académicos. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/205544767/estimacionvalornutricional>
- González, J. 1996. Evaluación de la calidad nutricional de la morera (*Morus* sp) fresca y ensilada, con bovinos de engorda. Tesis M.Sc. Turrialba, CR, CATIE. (en línea). Consultado 15 de julio 2014. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0554E/A0554E.PDF>.
- Gorrachategui, M. 1997. Influencia de la nutrición y otros factores en el rendimiento de la canal en terneros. XIII Curso de especialización FEDNA. Madrid. [http://www.fvet.edu.uy/drupal-6.16/sites/default/files/Lectura%20crecimiento%20y%20desarrollo\\_Gorrachategui\\_bovinos\\_OPA.pdf](http://www.fvet.edu.uy/drupal-6.16/sites/default/files/Lectura%20crecimiento%20y%20desarrollo_Gorrachategui_bovinos_OPA.pdf)
- Guerra, P; Quiel, R; Vargas, A. 2009. Cruzamiento entre *Bos taurus* x *Bos indicus* para la producción de carne. Centro de investigación Agropecuaria Occidental. (en línea). Consultado 10 Noviembre 2014. Disponible en <http://mvz.unipaz.edu.co/textos/revistas/cruzamiento-bos-taurus-x-bos-indicus-para-la-produccion-de-carne.pdf>.
- Hernández, R; Díaz, T. 2011. Las grasas sobrepasantes y su efecto sobre la actividad productiva y reproductiva en rumiantes. Innovación & Tecnología en la Ganadería

Doble Propósito. Maracaibo, Venezuela, Astro Data S.A. 333-343pp. (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://www.nutribasicos.com.ve/documentos/LAS%20GRASAS%20SOBREPASANTE%20Y%20SU%20EFECTO%20SOBRE%20LA%20ACTIVIDAD%20PRODUCTIVA%20Y%20REPRODUCTIVA%20EN%20RUMIANTES.pdf>

Hernández, J; Bolaños, E. 2007. Las curvas de dilución de la proteína como alternativa para la evaluación de pastos tropicales. (en línea). Publicaciones Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 23(1):81-90. Consultado 17 julio 2014. Disponible en [http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio\\_2007/9%20-%20190UC.pdf](http://www.publicaciones.ujat.mx/publicaciones/uciencia/junio_2007/9%20-%20190UC.pdf).

Hernández, S. 2010. Importancia de la fibra en la alimentación de los bovinos. Tesis Lic. Morelia, Michoacán, MX: Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de medicina veterinaria y zootecnia. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://mateandoconlaciencia.zonalibre.org/IMPORTANCIADELAFIBRAENLAALIMENTACIONDELOSBOVINOS.pdf>

Herring, W; Miller, DC; Bertrand, JK; Benyshek, L. 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of back fat and longissimus muscle area in beef cattle. (en línea). Journal of Animal Science. 72:16-26. Consultado 13 setiembre 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8002440>.

Hess, H; Lascano. 1999. Comportamiento del consumo de forraje por novillos en pasturas de gramínea sola y asociada con una leguminosa. (en línea). Revista Pasturas tropicales. 19(2):13-20. Consultado 18 julio 2014. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/PAST1922.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/PAST1922.pdf)

Hidalgo, C; Tamargo, C; Gómez, E; Facal, N; Díez, C. 2007. El propilenglicol mejora los resultados de transferencia de embriones. (en línea). Boletín Informativo del SERIDA (Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario, ES). 4:33-37. Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en <http://www.serida.org/pdfs/02114.pdf>.

- Hidalgo, J. 2004. Producción de materia seca y contenido de proteína cruda y fibra detergente del pasto *Brachiaria* híbrido Mulato. Tesis Lic. Zamorano, HN: Universidad Zamorano. Departamento de Zootecnia. (en línea). Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2040/1/T1883.pdf>.
- Holgado, F; Rebas, A. 1999. Eficiencia reproductiva de diferentes grupos raciales de bovinos para carne en el subtrópico argentino. (en línea). Revista Zootecnia Tropical de Argentina. 17:243-259. Consultado 17 julio 2014. Disponible en [http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas\\_ci/ZootecniaTropical/zt1702/texto/bovinooo.htm](http://www.sian.inia.gob.ve/repositorio/revistas_ci/ZootecniaTropical/zt1702/texto/bovinooo.htm).
- Holmann, F; Rivas, L; Pérez, E; Castro, C; Schuetz, P; Rodríguez, J. 2007. La cadena de Carne Bovina en Costa Rica: Identificación de temas críticos para impulsar su modernización, eficiencia y competitividad. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Internacional Livestock Research Intitute (ILRI). Corporación Ganadera. 68pp. (en línea). Consultado 10 Noviembre 2014. Disponible en [http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/cadena\\_carne\\_bovina\\_CR.pdf](http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/cadena_carne_bovina_CR.pdf).
- Huerta, N; Jerez, N; Rodas, A; Márquez, E; Arispe, M; Rivero, J. 1997. Observaciones preliminares sobre el uso de tecnologías postmortem para mejorar la calidad de la carne de bovinos venezolanos de diferente tipo racial, condición sexual y edad. (en línea). Revista científica FCV-LUZ. 7(2):123-132. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/27033>.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo, CR). 2011. Censo del año 2011. (en línea). Consultado el 29 agosto 2014. Disponible en <http://www.inec.go.cr/Web/Home/GeneradorPagina.aspx>.
- INTIA (Instituto Navarro de Tecnologías e Infraestructuras Agroalimentarias, ES). 2005. Manual de calidad de carne de bovino. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.itgganadero.com/itg/portal/seccion.asp?N=341>.
- Jeager, J. 2014. Selecting perfect beef with ultrasound. Kansas State University. Diapositivas electrónicas. (Conferencia Calidad de la carne)

- Jeremiah, L; Beauchemin, K; Jones, S; Gibson, L; Rode, L. 1998. The influence of dietary cereal grain source and feed enzymes on the cooking properties and palatability attributes of beef. (en línea). Canadian Journal of Animal Science. 78(3):271-275. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/A97-046>.
- Jiménez, A; Manrique, C; Martínez, C. 2010. Parámetros y valores genéticos para características de composición corporal, área de ojo de lomo y grasa dorsal medidos mediante ultrasonido en la raza Brahman. (en línea). Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. 57:178-190. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/remezvez/article/view/18236/19837>.
- Juárez, O. 2009. Análisis de algunos factores pre sacrificio, durante el sacrificio y post sacrificio que afectan el ph de canales de novillos para abasto. Tesis Lic. Veracruz, MX: Universidad Veracruzana. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. (en línea). Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en <http://148.226.12.104/bitstream/12345678/50/1/Juarez%20Culebro%20Olga%20Patricia.pdf>.
- Juárez, R; Cerrillo, S; Gutiérrez, O; Romero, T; Colín, J; Bernal, H. 2009. Estimación del valor nutricional de pastos tropicales a partir de análisis convencionales y de la producción de gas in vitro. (en línea). Técnica Pecuaria México. 47(1):55-67. Consultado 11 Noviembre 2014. Disponible en <http://www.tecnicapecuaria.org.mx/trabajos/200812223327.pdf>.
- Klee, G; Chavarría, J. 2002. Engorda semi-intensiva de novillos Hereford utilizando praderas no tradicionales de secano en la precordillera andina de la VIII Región. Libro de Resúmenes XXVII. Reunión Anual. Sochipa A.G. 93 – 94.
- Koohmaraie, M. 1988. The role of endogenous proteasas in meat tenderness. (en línea). Rec. Meat Conf. Proc. 41:89-99. Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://www.ars.usda.gov/SP2UserFiles/Place/30400510/1988410089.pdf>.

- Koohmaraie, M. 1992. Effect of pH, temperature, and inhibitorsonautolysis and cataliticactivity of bovin skeletal muscle n-calpain. (en línea). J. Anim. Sci. 70:3071-308. Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://www.usmarc.usda.gov/SP2UserFiles/Place/30400510/1992703071.pdf>.
- Koolman, J; Rohm, K. 2004. Bioquímica: texto y atlas. 3a ed. Madrid, ES, Médica Panamericana. 488 pp. (en línea). Consultado 18 julio 2014. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=f61Mvd-vl60C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=f61Mvd-vl60C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- Kucsevska, C; Balbuena, O. 2012. Suplementación de bovinos para carne: Aspectos prácticos. INTA (Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, ARG). 12pp. (en línea). Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en [http://inta.gob.ar/documentos/suplementacion-de-bovinos-para-carne/at\\_multi\\_download/file/suplementacion%20bovinos%20para%20carne.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/suplementacion-de-bovinos-para-carne/at_multi_download/file/suplementacion%20bovinos%20para%20carne.pdf).
- Latimori, NJ; Kloster, M; Amigone, M; García, P; Carduza, F; Pensel, N. 2003. Efecto de la dieta y del biotipo sobre indicadores de calidad de carne bovina. INTA (Instituto de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria, ARG). (en línea). Consultado 18 de julio 2014. Disponible en [http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-dieta-y-del-biotipo-sobre-indicadores-de-calidad-de-carne-bovina/at\\_multi\\_download/file/inta\\_dieta\\_biotipo\\_bovinos13.pdf](http://inta.gob.ar/documentos/efecto-de-la-dieta-y-del-biotipo-sobre-indicadores-de-calidad-de-carne-bovina/at_multi_download/file/inta_dieta_biotipo_bovinos13.pdf).
- Lewis, G; Purslow, PP; Rice, AE. 1991. The effect of conditioning on the strength of perimysial connective tissue dissected from cooked meat. (en línea). Meat Science. 30:1-12. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030917409190029P>.
- Livas, F; Torillo, J. 2010. Producción de carne y rendimiento en canal de toretes suizo x cebú estabulados y complementados con 2 niveles del suplemento gluconeogénico en Veracruz México. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:lgZFASlj1H8J:www.prepec.c>

om.mx/documents/testimoniales/ganado-engorda/ARTICULO-LIPOFEED-REVISTA%5B1%5D.docx+&cd=1&hl=es&ct=clnk.

- López, E; Ramírez, J. 2012. Producción de pollos de engorde con la adición de Lipofeed □ como sustituto energético en la dieta. Tesis Lic. Zamorano, HN: Universidad Zamorano. Departamento de Ciencia y Producción Agropecuaria. (en línea). Consultado 20 setiembre 2014. Disponible en <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1106/1/T3259.pdf>.
- López, R. 2011. Ultrasonografía aplicada a la reproducción bovina. Tesis Lic. Cuenca, EC: Universidad de Cuenca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 114 pp. (en línea). Consultado 14 octubre 2014. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/3067/1/mv184.pdf>.
- López, R; García, R; Mellado, M; Acosta, J. 2002. Crecimiento y características de la canal de bovino charolais y Beefmaster alimentados con dos fuentes de proteína y dos niveles de grasa sobrepasante. (en línea). Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 40:291-298. Consultado 17 octubre 2014. Disponible en <http://revistaagricola.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/article/view/1293>
- Luz, I. 2011. Cronología dentaria de los bovinos. Sitio Argentino de Producción Animal. (en línea). Consultado el 30 de julio del 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/denticion\\_y\\_protesis/27-Cronologia\\_dentaria.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/denticion_y_protesis/27-Cronologia_dentaria.pdf).
- Marino, A; Vilca, L; Ramos, D. 2005. Evaluación del pH en canales de toros Holstein (*Bos taurus*) y Nelore (*Bos indicus*). (en línea). Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú. 16(1):90-95. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v16n1/a13v16n1.pdf>.
- Mattioli, G; Relling, A. 2007. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de la Plata, Argentina. (en línea). Consultado 20 setiembre 2014. Disponible en <http://ecaths1.s3.amazonaws.com/catbioquimicavet/fisio%20dig%20rumiantes.pdf>.

- Maynard, L. 1976. Nutrición animal: Fundamentos de la alimentación del ganado. D.F. México, Editorial. 530 pp.
- McCaughey, W. P.; Cliplef, R. L. 1996. Carcass and organoleptic characteristics of meat from steers grazed on alfalfa/grass pastures and finished on grain (en línea). *Canadian Journal of Animal Science*. 76. 149–152. Consultado el 25 noviembre 2014. Disponible en <http://pubs.aic.ca/doi/abs/10.4141/cjas96-021>
- Miller, RK; Tatum, JD; Cross, HR; Bowling, RA y Clayton, RP. 1983. Effects of carcass maturity on collagen solubility and palatability of beef romgrain-finishedsteers. (en línea). *J.FoodSci*. 48:484-525. Consultado 16 julio 2014. Disponible en <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1983.tb10772.x/abstract>.
- Monza, J; Doldán, S; Signorelli, S. 2010. Ciclo de Krebs. (en línea). Consultado 18 julio 2014. Disponible en <http://www.fagro.edu.uy/~bioquimica/docencia/material%20nivelacion/CICLO%20DE%20KREBS.pdf>.
- Mora, I. 2007. Nutrición animal. 1era ed. San José, CR, EUNED. 120pp. (en línea). Consultado 17 octubre 2014. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=\\_K5VL2Z5aQwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.co.cr/books?id=_K5VL2Z5aQwC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
- Motter, M; Corva, P; Krause, M; Pérez, M; Soria, L. 2009. Rol de la Calpastatian en la variabilidad de la Terneza de la carne bovina. (en línea). *Journal of basic and applied genetics*. 20:15-24. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/bag/v20n1/v20n1a03.pdf>.
- Muñoz, H; Deaton, O. 1976. La utilización del vigor híbrido y la productividad del sistema de producción de carne en el trópico. CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CR). 10pp. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.sidalc.net/repdoc/A5442E/A5442E.PDF>



- 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.
- Muro, A. 2007. Efectos de la fuente de fibra detergente neutro, fibra detergente ácido y proteína sobre la cinética de degradación ruminal in vitro. Tesis Ph.D. Chihuahua, MX: Universidad Técnica de Chihuahua. Facultad de Zootecnia. (en línea). Consultado 20 octubre 2014. Disponible en <http://eprints.uach.mx/82/1/ZOO-TP-00015.pdf>.
- Noro, M; Vargas, V; Pulido, R; Wittwer, F. 2006. Efecto del tipo de concentrado sobre indicadores sanguíneos del metabolismo de energía y de proteínas en vacas lecheras en pastoreo primaveral. Archivos de Medicina Veterinaria, CL. 38(3):227-232. Consultado 20 setiembre 2014. Disponible en [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0301-732X2006000300005](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-732X2006000300005).
- Nour, A;Thonney, M. 1987. Carcass, soft issue and bone composition of early and late maturing steers fed two diets in two housing types and serially slaughtered over a wide weight range. (en línea). J. agric. Sci. 109:345-355. Consultado 18 julio 2014. Disponible en <http://eurekamag.com/research/004/878/004878764.php>
- Obispo, N; Pares, P; Hidalgo, C; Palma, J; Godoy, S. 2001. Consumo de forraje y ganancia diaria de peso en bovino de carne en crecimiento suplementados con fuentes proteicas. (en línea). Revista Zootecnia Tropical. 19:423-442. Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <https://tspace.library.utoronto.ca/handle/1807/1615>.
- Olivan, C; Sierra, V; García, P. 2013. Efecto del tiempo de maduración sobre la calidad organoléptica de la carne de vacuno. (en línea). Revista Tecnología Agroalimentaria. 12:45-53. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5574>.
- Orozco, JA; Berrío, S; Barahona, R. 2010. Uso de la ultrasonografía en tiempo real para la estimación de la deposición de grasa y rendimientos de canales bovinas cebuínos provenientes de diferentes fincas de Colombia. (en línea). Rev Ces MedVetZootec.

5(1):36-44. Consultado 12 setiembre 2014. Disponible en [http://www.revistamvzces.com/revistas/vol5no1/Articulo\\_3.pdf](http://www.revistamvzces.com/revistas/vol5no1/Articulo_3.pdf)

Orozco, R. La energía en la producción de leche. (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://www.prepec.com.mx/documents/articulos/LA%20ENERGIA%20EN%20LA%20PRODUCCION%20DE%20LECHE.pdf>.

Otoya, V. 1986.Efecto de la época del año y días de ocupación en la calidad nutritiva de *Brachiaria decumbens*. (en línea). Revista pasturas tropicales. Centro de Investigación de Agricultura Tropical. 8(1):2-5. Consultado 19 octubre 2014. Disponible en [http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos\\_ciat/Vol8\\_rev1\\_a%C3%B1o86\\_art2.pdf](http://ciat-library.ciat.cgiar.org/articulos_ciat/Vol8_rev1_a%C3%B1o86_art2.pdf)

Özlütürk, A; Tüzemen, N; Yanar, M; Esenbuga, N; Dursun, E. 2004. Fattening performance, carcass traits and meat quality characteristics of calves sired by Charolais, Simmental and Eastern Anatolian Red sires mated to Eastern Anatolian Red dams. (en línea). Meat Science. 67(3):463-470. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174003003309>.

Palladino, A; Wawrzkiwicz, M; Bargo, F. 2012. El rol de la fibra en las dietas de vacas lecheras. Nutrición Argentina. (en línea). Consultado 10 Noviembre 2014. Disponible en <http://www.engormix.com/MA-ganaderia-leche/nutricion/articulos/rol-fibra-dietas-vacas-t4120/141-p0.htm>.

Panea, B; Sañudo, C; Olleta, JL; Civit, D. 2008. Efecto del método de maduración y tiempo de maduración, método de cocinado y espesor de la muestra sobre las características de textura de la carne bovina. (en línea). Revista Eurocarne. 167:1-8. Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en <https://eurocarne.com/boletin/imagenes/16702.pdf>

Paniagua, PL; Ocampos, DA. 2013. Caracterización de la canal y calidad de la carne producida por cuatro categorías bovinos provenientes de dos sistemas de producción ganadera en Paraguay. (en línea). Revista Investigación Agraria. 10: 23-33. Consultado 11 de agosto 2014. Disponible en <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/viewFile/60/56>.

- Pérez, E. 2003. El hato bovino nacional: La situación actual y sus proyecciones. Corporación Ganadera. 7pp. (en línea) Consultado 17 julio 2014. Disponible en [http://www.corfoga.org/pdf/revvol04/EI\\_Hato\\_Bovino\\_nacional.pdf](http://www.corfoga.org/pdf/revvol04/EI_Hato_Bovino_nacional.pdf).
- Pimentel, J.C. 1999. Fazendas reunidas Boi Gordo. Tecnología online. (en línea). Consultado 10 agosto 2014. Disponible en <http://www.boigordo.com.br/defau33/tecna07c.htm>.
- PREPEC (Premezclas energéticas pecuarias S.A). 2011. Suplemento energético para nutrición animal. Material proporcionado por Ing. Agr. Orlando Quesada, Director del departamento de Investigación de la Empresa Vetim S.A.
- Pusineri, J; Ocampos, D. 2004. Desempeño productivo de novillos cebuínos bos indicus e híbridos bos taurus x bos indicus mantenidos bajo pastoreo rotativo de sorgo forrajero sorghum bicolor l. moench. (en línea). Revista investigación Agraria. 6:29-33. Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://www.agr.una.py/revista/index.php/ria/article/view/146>.
- Quirós, E. 2006. Historia de la ganadería bovina en Costa Rica. 26pp. (en línea). Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en [www.corfoga.org/images/public/.../pdf/Historia\\_Ganaderia\\_bovina.pdf](http://www.corfoga.org/images/public/.../pdf/Historia_Ganaderia_bovina.pdf)
- RAN Industrias Químicas S.A. 2009. Propionato de Calcio Grado Animal. Argentina. (en línea). Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en [http://www.ransa.com/PDF/Micosin-\(PrCa%20Feed%20Grade\)%20\(SPV4\).pdf](http://www.ransa.com/PDF/Micosin-(PrCa%20Feed%20Grade)%20(SPV4).pdf)
- Relling, A.; Mattioli, G. 2002. Fisiología Digestiva y Metabólica de los Rumiantes, Facultad de Ciencias Veterinarias-UNLP. (en línea). Consultado 15 octubre 2014. Disponible en <http://www.agrarias.una.ac.cr/index.php/descargas-electronicas/category/90-lecturas?download=302:fisio-dig-rumiantes-diferencia-rumiantes-lactantes-copia>
- Reunión Científica-Tecnológica y Agropecuaria. (23vo, Veracruz, MX). 2009. Análisis de algunos factores pre sacrificio, durante y post sacrificio que afectan el pH de canales de novillos para abasto. Eds. Juárez, O; Carrasco, A; Landín, L; García, R; Cervantes, P. Veracruz, MX. (en línea). Consultado 18 julio 2014. Disponible en

<http://www.uv.mx/veracruz/cienciaanimal/files/2013/11/Analisis-de-factores-presacrificio-de-novillos-de-abasto.pdf>.

Riera, T; Rodas, A; Rodríguez, C. ¿?. Rasgos de crecimiento y pesos en canal de toros Brahman puros y F1 Brahman xBos taurus criados y cebados semi-intensivamente en sabana mejorada. (en línea). Asociación Latinoamericana de Producción Animal. 12:66-72. Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://hdl.handle.net/1807/7054>.

Robinson, DL; McDonald, CA; Hammond, K; Turner, JW. 1992. Live animal measurement of carcass traits by ultrasound: Assessment and accuracy of sonographers. (en línea). J AnimSci. 70:1667-1676. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1634390>.

Rodas, A; Vergara, J; Arenas, L; Huerta, N; Pirela, M. 2006. Características al sacrificio, rasgos de la canal y Rendimiento carnicero de novillos criollo Limonero sometidos a suplementación durante la fase de ceba a pastoreo. (en línea). Revista Científica FCV-LUZ. 16:364-370. Consultado 18 julio 2014. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/28470>.

Rodas, A; Vergara, J; Arenas, L; Huerta, N; Pirela, M. 2007. Efecto de la suplementación y maduración de carne al vacío sobre la palatabilidad del Longissimus de novillos criollo Limonero cebado a pastoreo. (en línea). Revista científica. 17:280-297. Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://www.scielo.org.ve/pdf/rc/v17n3/art11.pdf>.

Rodríguez, J; Unruh, J; Jaeger, J; Reinhardt, C; Villarreal, M; Paniagua, W; Murillo, O. 2009. 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. (en línea). CORFOGA (Corporación de Fomento Ganadero). Consultado 3 Diciembre 2013. Disponible en <http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/Proyecto%20Edades%20de%20Castracion.pdf>.

Rodriguez, J., Unruh, J., Villarreal, M., Murillo, O., Rojas, S., Camacho, J., ... & Reinhardt, C. 2014. Carcass and meat quality characteristics of Brahman cross bulls and steers

finished on tropical pastures in Costa Rica (en línea). Meat science, 96(3), 1340-1344. Consultado el 15 de diciembre 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013005822>

Rodríguez, K. 2014. Efecto del componente racial sobre parámetros productivos de la canal y de calidad de la carne de novillos de engorde suplementados bajo condiciones de pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR: Tecnológico de Costa Rica. 98pp

Rojas, A. 1995. Conceptos básicos en nutrición de rumiantes. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica. 179pp

Rosell, R; Llorente, R; Ramirez, A; Verdecia, R; Hernández, E. 2008. Ultrasonografía y su uso en la producción animal. Universidad de Granma, Cuba. Sitio Argentino de Producción Animal. (en línea). Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/ecografia\\_ultrasonido/69-ultrasonografia.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/ecografia_ultrasonido/69-ultrasonografia.pdf).

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. Consultado 17 julio. 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>

Rush, I. 2009. Suplementación con grasa en bovinos de carne. Universidad de Nebraska. (en línea). Consultado el 19 de noviembre 2014. Disponible en [http://www.produccion-animal.com.ar/informacion\\_tecnica/suplementacion/97-Suplementacion\\_grasas.pdf](http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/suplementacion/97-Suplementacion_grasas.pdf)

Saborio, R. 1997. Efecto de 2 agentes anabólicos sobre la ganancia de peso en novillos de engorde bajo pastoreo. Tesis Lic. San Carlos, Alajuela, CR: Tecnológico de Costa Rica. 64pp

- Sánchez, J. 2001. Valor nutritivo de algunos pastos tropicales en Costa Rica. Curso Actualización en la Nutrición del Ganado Lechero. Alajuela, Costa Rica. Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/pastos.htm>.
- Sánchez, J. 2007. Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. XI Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/forrajes.pdf>
- Sañudo, C; Macíe, ES; Olleta, JL; Villarroel, M; Panea, B; Albertí, P. 2004. The effects of slaughter weight, breed type and ageing time on beef meat quality using two texture devices. (en línea). MeatSci. 66:925-932. Consultado 17 julio 2014. Disponible en <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174003002262>.
- Seminario de Pastos y Forrajes en Sistemas de Producción Animal. (11ro, ) Utilización eficiente de las pasturas tropicales en la alimentación del ganado lechero. 2007. Sánchez, J. (en línea). Consultado 14 setiembre 2014. Disponible en <http://www.feednet.ucr.ac.cr/bromatologia/forrajes.pdf>.
- Sinclair, K; Cuthbertson, A; Rutter, A; Franklin, M. 1998. The effects age at slaughter, genotype and finishing system on the organoleptic properties and texture of bull beef rombeef from suckled calves. (en línea). Animal Science 66(2):329-340. Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://journals.cambridge.org/action/displayAbstract?fromPage=online&aid=6950560>
- SIRZEE (Sistema de Información Regional Zona Económica Especial, CR). 2013. Región Huetar Norte. Consultado 30 de julio 2014. Disponible en [http://www.sirzee.itcr.ac.cr/modules.php?op=modload&name=Info\\_RHN&file=index](http://www.sirzee.itcr.ac.cr/modules.php?op=modload&name=Info_RHN&file=index).
- Smith, M; Oltjen, J; Dolezal, H; Gill, D; Behrens, B. 1992. Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fatt hickness and Longissimus muscle area in feed lotsteers. (en línea). Journal. Animal. Science. 70:29-37. Consultado 18 julio 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/1582915>.
- 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 17 agosto

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).

Tatum, JD; Klein, BJ; Williams, FL; Bowling, RA. 1988. Influence of diet on growth rate and carcass composition of steers differing in frame size and muscle thickness. (en línea). *J AnimSci.* 66:1942-1954. Consultado 30 setiembre 2014. Disponible en <http://europepmc.org/abstract/MED/3209503>.

Teijón, J. 2006. Fundamentos de bioquímica metabólica. 2da edición. Editorial Madrid, ES, Tebar. 422pp. (en línea). Consultado 17 julio 2014. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=lw\\_z2TPXvZgC&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](http://books.google.co.cr/books?id=lw_z2TPXvZgC&hl=es&source=gbs_navlinks_s).

Teira, G. 2004. Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la terneza. (en línea). *Revista Ciencias Exactas y Naturales, Ingenierías y Tecnologías.* 28: 215-244. Consultado 18 de julio 2014. Disponible en <http://www.redalyc.org/pdf/145/14502809.pdf>.

Torres, A. 2013. Composición química y calidad de la carne de bovino en diferentes sistemas de alimentación del estado de Puebla. Tesis M.Sc. Puebla, MX: Institución de Enseñanza e Investigación de Ciencias Agrícolas. Colegio de postgraduados. Consultado 5 agosto 2014. Disponible en [http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2201/Torres\\_Beltran\\_A\\_MC\\_EDAR\\_2013.pdf?sequence=1](http://www.biblio.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2201/Torres_Beltran_A_MC_EDAR_2013.pdf?sequence=1).

Tri-State Dairy Nutrition Conference, (Fort Wayne, Indiana, US). 1997. Minimizing Ketosis in High Producing Dairy Cows. Drackley, J. Indiana, US. 63-81pp. (en línea). Consultado 11 agosto 2014. Disponible en <http://tristatedairy.osu.edu/2003Proceedings.pdf>.

Uzcátegui, S; Jerez, N. 2008. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal.* Consultado 8 setiembre 2014. Disponible en <http://www.bioline.org.br/pdf?la08022>

- Van Soest, P.1993. Evaluación de forrajes y calidad de los alimentos para rumiantes. (en línea) Consultado 20 marzo del 2014. Disponible en <http://tiesmexico.cals.cornell.edu/courses/shortcourse2/minisite/pdf/Calidad%20de%20Alimentos%20para%20Rumiantes/articulo%20Van%20Soest.pdf>
- Vásquez, R; Ballesteros, H; Muñoz, C. 2007. Factores asociados con la calidad de la carne: la terneza de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. (en línea). Revista Corpoica. 8:60-65. Consultado 30 julio 2014. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Revista/8.Factoresasociadosconlacalidaddelacarne.pdf>.
- Vásquez, RE; Díaz, TE y Pulido, JI. 2002. Producción de carne bovina de alta calidad en Colombia. (en línea). Revista Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). Consultado 16 julio 2014. Disponible en <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/ProducciondecarnebovinadeltalcalidadenColombia.pdf>.
- Vergara, J; Araujo, O. 2006. Producción, composición química y degradabilidad ruminal in situ de *Brachiariahumidicola* (Rendle) Schweick en el bosque seco tropical. (en línea). Revista Científica FCV-LUZ. 16:239-248. Consultado 11 octubre 2014. Disponible en <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/28446/2/art4.pdf>
- Waritthitham, A; Lambertz, C; Langholz,H; Wicke, M; Gaulty, M. 2010. Assessment of beef production from Brahaman x Thai native and Charolais Thai native cross bredbulls slaughtered at different weights. I: Growth performance and carcass quality. MeatScience. 85:191-195. (en línea). Consultado 10 setiembre 2014. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20374885>.
- Wattiaux, M; Armentano, L. 2002. Metabolismo de carbohidratos en vacas lecheras. (en línea). Revista Nutrición y Alimentación. University of Wisconsin. Consultado 17 setiembre 2014. Disponible en [http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de\\_03.es.pdf](http://babcock.wisc.edu/sites/default/files/de/es/de_03.es.pdf).



Wood, JD; Smulders, JM. 1999. Animal nutrition and meat quality. Veterinary aspects of meat production, processing and inspection; an update of recent developments in Europe. Ecceamst. Pp: 75-83.