



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

Caracterización de algunas variables de calidad de carne en bovinos manejados bajo diferentes condiciones de producción en el trópico colombiano

Catalina Montoya Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal

Medellín, Colombia

2014

Caracterización de algunas variables de calidad de carne en bovinos manejados en diferentes condiciones de producción en el trópico colombiano

Catalina Montoya Rodríguez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Agrarias

Director:

BScMScphD Rolando Barahona Rosales

Línea de Investigación:

Nutrición Animal

Grupo de Investigación:

BIOGEM- Grupo de Investigación en Biodiversidad y Genética Molecular

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias, Departamentode Producción Animal

Medellín, Colombia

2014

A mis padres y a mi familia por su acompañamiento, apoyo y comprensión sobre todo en los momentos más difíciles del camino, siempre dispuestos a brindarme una mano para volver a levantarme. Llevo sus enseñanzas en lo más profundo de mi alma.

“El respeto del hombre hacia los animales, es inseparable del respeto de los hombres hacia ellos mismos”

Anónimo

Agradecimientos

Quiero agradecer primero que todo a Dios, por brindarme una vida y unas cualidades que me permiten crear y cumplir sueños, por regalarme una familia y muchos amigos más que cada día me abrigan con todo su amor y su paciencia.

A mis padres y a mi familia, por su incondicional dedicación para que siempre tenga un bienestar físico y mental, por sus consejos oportunos en todas las decisiones y sueños de mi vida y sobre todo por ese inmenso amor que me ha permitido seguir adelante a pesar de las dificultades y los errores. Mil gracias por todo su cariño.

Igualmente agradezco enormemente a mi tutor, Rolando Barahona Rosales, que más que un profesor, fue un amigo al compartir su sabiduría, sus experiencias y su valioso tiempo conmigo, siempre abierto a seguir animándome en todos los aspectos académicos y profesionales. Muchas gracias por hacer de esta maravillosa oportunidad una grandiosa realidad.

1. Resumen

Dentro de los principales factores que actualmente afectan el comportamiento del sector cárnico colombiano están la baja productividad a nivel de finca (bajas ganancias de peso y edades altas de sacrificio), el bajo volumen de carne producida, la existencia de deficiencias en el sistema de trazabilidad y un aumento no muy importante en el consumo nacional de carne. Por el otro lado, el crecimiento acelerado de la población y las exigencias internacionales del mercado de la carne, demandan que Colombia estudie tanto alternativas de producción como evalúe la calidad de carne producida. Por todo lo anterior, la presente tesis de maestría tiene como objetivo conocer el comportamiento de algunas variables de calidad de la carne provenientes de diferentes condiciones de producción del trópico colombiano. Las características de calidad evaluadas fueron terneza, color, pH, composición química, perfil de ácidos grasos, peso al sacrificio, peso en canal caliente y porcentaje de rendimiento en canal. Las tres primeras variables se analizaron bajo tres tiempos de maduración, a las 7, 14 y 21 días post-mortem. Las muestras utilizadas provinieron de dos arreglos silvopastoriles: uno en el Centro Experimental Cotové de la Universidad Nacional de Colombia y otro en Montenegro, Quindío, ambos arreglos a base de *Leucaena leucocephala* y pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*), de un sistema de producción de carne en confinamiento, a base de matarratón (*Gliricidia sepium*) y pasto ángleton (*Dichantium aristatum*); de una pastura mejorada a base de pasto estrella (*Cynodon plectostachyus*) y de un pastoreo tradicional en Lorica y Montería del departamento de Córdoba, a base de pasto ángleton (*D. aristatum*). Además, se obtuvieron muestras de animales cebados en trópico de altura, utilizando una dieta basal de pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*) con o sin suplementación con base en harina de arroz. Los resultados se analizaron por medio de un diseño de parcelas divididas para las variables analizadas a diferentes tiempos de maduración, mientras que para las demás variables (composición química, características de beneficio y perfil lipídico), se usó un diseño completamente al azar con separación de medias por la prueba de Tukey. Hubo un efecto significativo del tiempo de maduración en la mayoría

de las condiciones de producción evaluadas ($p \leq 0,05$). También hubo diferencia en la ternura y luminosidad de la carne al comparar el sistema silvopastoril del Quindío con la pastura mejorada y al comparar los dos sistemas tradicionales ($p \leq 0,05$), siendo más tierna y más oscura la carne de los animales provenientes de la pastura mejorada y de los animales del sistema tradicional Montería. No hubo diferencias en respuesta a la suplementación en el trópico alto. Se presentaron diferencias en cuanto a la composición y cantidad de ácidos grasos, existiendo diferencias entre el sistema tradicional y pradera mejorada para la composición del ácido mirístico y palmítico, siendo estos ácidos un componente importante en la fracción lipídica de la carne del sistema tradicional ($P \leq 0,05$). En cuanto a la cantidad de ácidos grasos en carne, hubo diferencias relevantes para el ácido linolénico cuando se comparó el silvopastoril Quindío con el tradicional y con el silvopastoril Cotové, teniendo mayor contenido la carne del silvopastoril del Quindío (0,021g/100gr de carne, respectivamente $p \leq 0,05$). Se concluye que las condiciones de producción evaluadas afectaron la ternura, el pH, el color y la composición y cantidad de ácidos grasos en la carne. A su vez, el tiempo de maduración afectó la ternura y el color, presentando una mejora de estas cualidades a los 14 días de maduración.

Palabras clave: Ácidos grasos, calidad, carne, cromatografía de gases, sistema de producción

2. Abstract

Among the main factors currently affecting the Colombian meat sector are low farm productivity (low weight gains and high slaughter ages), the low volume of meat produced, the existence of deficiencies in the traceability system and lack of significant increases in the domestic meat consumption. On the other hand, rapid population growth and high international market demands for meat, require that Colombia consider improving both its production systems as well as assesses the quality of the meat produced locally. Given these considerations, this thesis aims to determine the behavior of some quality characteristics of Colombian meat from different production conditions. Quality characteristics evaluated were tenderness, color, pH, chemical composition, fatty acid profile, slaughter weight, hot carcass weight and carcass yield. The first three variables were analyzed at three times of maturation: 7, 14 and 21 days post-mortem. Samples were obtained from two silvopastoral systems: one at the Cotové Experimental Center of the National University of Colombia and another at Montenegro, Quindio, both arrangements based on Leucaena (*Leucaena leucocephala*) and Guinea grass (*Megathyrsus maximus*), a system of meat production in confinement, based on matarratón (*Gliricidia sepium*) and angleton grass (*Dichantium aristatum*); an improved pasture based on stargrass (*Cynodon plectostachyus*) and a traditional grazing system in Lorica and Monteria, Cordoba, based on an angleton grass (*D. aristatum*) pasture. In addition, samples from animals fattened in the highland tropics, using a basal diet of Kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) with or without supplementation based on rice flour were obtained. The results were analyzed using a split plot design for the variables analyzed at different maturation times, while for the other variables (chemical composition, carcass characteristics and lipid profile), a completely randomized design was used with separation of means by the Tukey test. There was a significant effect of maturation time in most systems evaluated ($p \leq 0.05$). There were also differences in tenderness and meat color when comparing the Quindio silvopastoral system with the improved pasture and when comparing the two traditional systems ($p \leq 0.05$), with

meat from the improved pasture and from the Monteria traditional pasture system being more tender and dark. There were no differences in response to supplementation in the highland tropics. When analysing the composition and amount of fatty acids differences were observed between the traditional and improved system in content of myristic and palmitic acids, which were an important component of the lipid fraction in meat from the traditional system ($P \leq 0.05$). Regarding the amount of fatty acids in meat, there were significant differences for linolenic acid when meat from the Quindio silvopastoral was compared with that from the traditional and from the Cotové silvopastoral system, having greater content the meat from the Quindío silvopastoral system (0,021g/ 100g of meat, $p \leq 0,05$). We conclude that the production conditions affected tenderness, pH, color and composition and amount of fatty acids in meat. In turn, the maturation time affected meat tenderness and color, with an improvement in these qualities observed at 14 days of maturation.

Keywords: fatty acids, gas chromatography, meat, production system, quality

3. Contenido

	Pág.
1. Resumen	IX
2. Abstract	XI
3. Contenido	XIII
4. Lista de figuras	XVI
5. Lista de tablas	¡Error! Marcador no definido.
6. Introducción	1
7. Capítulo 1. Estado del Arte	4
1.1 Situación actual del sector cárnico a nivel mundial	4
1.2 Importancia de la ganadería colombiana	5
1.3 Situación actual de la ganadería de carne colombiana	6
1.3.1 Producción de carne en Colombia	6
1.3.2 Consumo de carne en Colombia.....	7
1.3.3 Principales sistemas de producción en Colombia	8
1.3.4 Sistemas Silvopastoriles	9
Abreviaturas: ha: Hectáreas.....	10
Tomado: Mahecha et al., 2002	10
1.3.5 Sistemas Confinamiento	11
1.3.6 Sistemas de Pastoreo Tradicional.....	11
1.3.7 Pasturas Mejoradas	12
1.3.8 Producción de carne en el trópico Alto Colombiano	13
1.4 Tejido muscular animal.....	13
1.5 Conversión de músculo a carne	14
1.5.1 Muerte celular o Apoptosis	16
1.5.2 Mecanismo de la Apoptosis.....	17
1.5.3 Rigor Mortis.....	17
1.5.4 Maduración o Tiernización.....	18
1.5.5 Mecanismo del proceso de maduración	19
1.6 Calidad de carne.....	19
1.7 Aspecto Organoléptico de la carne.....	21
1.7.1 Textura.....	21
1.7.2 Métodos para mejorar textura.....	22
1.7.3 Métodos de evaluación de la textura	23

1.7.4	Color de la carne	24
1.8	Aspecto tecnológico de la carne	25
1.8.1	pH.....	26
1.9	Calidad nutricional de la carne	26
1.10	Ácidos grasos en carne.....	28
1.10.1	Relación de ácidos grasos con la calidad de la carne	33
1.10.2	Estrategias alimentarias para modificar ácidos grasos en carne	33
1.11	Factores pre-beneficio de la calidad de carne.....	35
1.11.1	Genética.....	35
1.11.2	Sexo y estado fisiológico	36
1.11.3	Castración.....	37
1.11.4	Alimentación.....	37
1.11.5	Sistema de producción	38
1.11.6	Transporte y manejo	40
1.11.7	Madurez fisiológica y edad cronológica.....	40
1.12	Factores post-motem de la calidad de la carne	41
1.13	Relación de la alimentación animal con la conversión de músculo a carne y la calidad de carne.....	41
 <i>Bibliografía.....</i>		43
 2. Capítulo 2. Algunos aspectos de la canal, organoléptico y nutricionales de la carne de novillos manejados en diferentes condiciones de producción.....		
<i>Resumen.....</i>		65
<i>Abstract.....</i>		66
<i>Introducción.....</i>		67
2.1	Materiales y métodos	68
2.1.1	Sistemas de producción y animales evaluado.....	68
2.1.2	Transporte de los animales evaluados	71
2.1.3	Seguimiento de los animales en beneficio y desposte.....	71
2.1.4	Fraccionamiento de muestras.....	72
2.1.5	Medición del pH.....	73
2.1.6	Medición del color y la terneza	73
2.1.7	Determinación de las características nutricionales	74
2.1.8	Análisis Estadístico	74
2.2	Resultados y Discusión.....	75
2.2.1	Transporte de los diferentes animales evaluados	75
2.2.2	Proceso de beneficio.....	76
2.2.3	Características Organolépticas y tecnológicas.....	77
2.2.4	Características Nutricionales.....	82

2.3	Implicaciones.....	84
2.4	Conclusiones y recomendaciones.....	84
	Agradecimientos.....	85
	Bibliografía.....	86
3.	Capítulo 3. Cantidad de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano	92
	Resumen.....	93
	Abstract.....	94
	Introducción.....	95
3.1	Materiales y métodos	97
3.1.1	Sistemas de producción y animales evaluados.....	97
3.1.2	Seguimiento de animales, canales y fraccionamiento de muestras.....	97
3.1.3	Extracción de grasa.....	98
3.1.4	Determinación de ácidos grasos	99
3.1.5	Análisis Estadístico.....	100
3.2	Resultados y Discusión.....	100
3.2.1	Composición de ácidos grasos.....	100
3.2.2	Cantidad de ácidos grasos	102
3.2.3	Relación de ácidos grasos insaturados, ácidos grasos insaturados.....	104.
3.2.4	Relación ácido linoleico, ácido α -linolénico.....	106
3.3	Implicaciones.....	108
3.4	Conclusiones y recomendaciones	107
	Agradecimientos.....	108
	Bibliografía.....	109
4.	Conclusiones y recomendaciones.....	114
4.1	Conclusiones	114
4.2	Recomendaciones.....	114

4. Lista de figuras

Pág.

Figura 1-1: Comportamiento de la producción mundial de carne bovina.....	4
Figura 1-2: Participación porcentual de la ganadería colombiana en el PIB Agropecuario.....	5
Figura 1-3: Crecimiento de la orientación del hato ganadero colombiano en la producción de carne.....	7
Figura 1-4: Consumo carne de res aparente per cápita en Colombia.....	8
Figura 1-5: Composición estructural del músculo animal.....	14
Figura 1-6: Etapas de la conversión de músculo a carne.....	15
Figura 1-7: Mecanismo de Biohidrogenación ruminal.....	32
Figura 2-1: Metodología de fraccionamiento de muestras.....	73

Lista de tablas

Tabla 1-1: Características principales sistemas de producción manejados en Colombia.....	10
Tabla 1-2: Oferta y calidad nutricional de un SSP comparado con un sistema tradicional....	12
Tabla 1-3: Aspectos que conforman la calidad de un alimento.....	20
Tabla 1-4: Color de la carne de bovino según estado de la mioglobina.....	24
Tabla 1-5: Composición química de la carne de bovino según algunos autores.....	27
Tabla 1-6: Principales ácidos grasos.....	29
Tabla 2-1: Características de los sistemas y animales evaluados.....	69
Tabla 2-1: Características de los sistemas evaluados (Continuada).....	70
Tabla 2-2: Distancia y duración del transporte de los animales evaluados.....	71
Tabla 2-3: Características de las canales evaluadas.....	77
Tabla 2-4: Características de calidad de carne para los sistemas de Cotové.....	78
Tabla 2-5: Características de la calidad de carne para los sistemas del Quindío.....	80
Tabla 2.6: Características de calidad de carne para los sistemas tradicionales.....	81
Tabla 2-7: Características de la calidad de carne para los sistemas del trópico alto.....	82
Tabla 2-8: Análisis Químico de la carne evaluada.....	83
Tabla 3-1: Características de los sistemas evaluados.....	98
Tabla 3-2: Composición de ácidos grasos en carne.....	101
Tabla 3-3: Cantidad de ácido grasos en carne.....	103
Tabla 3-4: Cantidad y relación ácidos grasos saturados, ácidos grasos insaturados.....	104
Tabla 3-5: Relación ácido linoleico, ácido α -linolénico.....	106

Introducción

La producción ganadera de carne bovina, en la actualidad, tiene un gran impacto mundial a nivel social, político y económico. Adicionalmente, esta ha venido presentando un veloz avance, provocando una transformación constante en el sector pecuario, debido al incremento de la población e intensificación de la agricultura (Steinfeld et al., 2006). A pesar de su gran importancia, en la actualidad la ganadería de carne presenta falencias como la poca disponibilidad de tierra apta para la obtención de proteína animal y baja productividad en el proceso de obtención de carne, generado esto, por el aumento de la urbanización y/o al mal manejo del suelo (FAO, 1994).

Otra gran dificultad no menos importante, es la baja producción de carne bovina que se ha registrado en los últimos años, ocupando un tercer lugar en producción mundial después de la de ave y de cerdo, con sólo un 0.2% de variación en dicha producción del año 2011 al 2012. También a nivel mundial se ha presenciado un desequilibrio del consumo de carne per cápita entre los países desarrollados con los países en proceso de desarrollo, notándose que hay una diferencia bastante amplia entre dichos casos (FAO, 2012). Estas cifras hacen reflexionar sobre la búsqueda de alternativas para mejorar y equilibrar dicha producción.

No se puede ignorar además, otros factores que afectan también la producción de carne y son todos aquellos relacionados con el consumidor, el cual cada vez aumenta más sus ingresos y cambia sus preferencias alimentarias como el gusto por productos más saludables, nutritivos, orgánicos, con seguridad higiénica y exigiendo mayor conocimiento en el origen de su procedencia (Camacho, 2011), lo que genera un acelerado incremento de la demanda de productos pecuarios, donde se prefiere carne de calidad uniforme y garantizada, que posea marca, puesto que ahora en muchos países se compra carne no solo por necesidad, sino por satisfacción (Buxede, 1991), por todo esto, la internacionalización de los mercados ha venido aumentando cada vez más los retos de alcanzar mayor eficiencia y competitividad en la producción ganadera.(Teira, 2006). Colombia como un país donde la ganadería es una

actividad económica primordial no debe quedarse atrás, por lo que además de todo lo anteriormente citado tampoco puede ser ajeno, a las nuevas metas que se impone la producción cárnica y si además se le quiere dar un gran avance a la producción en términos de eficiencia y calidad, es fundamental identificar y entender los parámetros que engloban y permiten monitorear la determinación de la calidad de carne. Dichos parámetros son los de: apariencia visual (color, grasa subcutánea, textura, marmorización y firmeza), calidad comestible (jugosidad, terneza, aroma y sabor) y otros factores como precio, tamaño, preparación, almacenado y valor nutritivo (Miller, 2003). Dichos parámetros y características están influenciados por diversos factores, muchos de los cuales son aún desconocidos o poco estudiados y que afectan positiva o negativamente la percepción de la calidad de carne (Oliver et al., 1990). Además de esto, en las últimas épocas ha venido tomando mucha fuerza, la preocupación constante por la salud humana, donde la carne principalmente de res se ha relacionado con el contenido de grasas no benéficas para el ser humano (Mertz, 1986 citado por Santrich, 2006), por lo que conocer la cantidad y composición del perfil lipídico en la carne que se produce en Colombia es importante y es necesario debido a que dicha información es escasa en el país. Todo lo anteriormente, obliga a que todas las partes que participan en el agro, adopten alternativas innovadoras en el manejo de los diferentes sistemas productivos, considerando que la misión actual es enorme, pues se trata de alimentar a 7 mil millones de personas, las que, según los pronósticos de las Naciones Unidas, serán 9 mil millones en el 2050 (UNFPA, 2011). Dentro de estas nuevas prácticas zootécnicas se encuentra la adopción de sistemas de producción más intensivos (dada la escasa disponibilidad de tierra) dentro de los que se pueden mencionar los sistemas silvopastoriles y el confinamiento (Mahecha et al., 2002). Los sistemas silvopastoriles son una alternativa que hace mejorar la productividad, ya que tiene ventajas como regulación del estrés climático, incremento del suministro de alimento para los animales, fijación de nitrógeno, reciclaje y eficiencia de nutrimentos. (SAGARPA, 2000).

Ambos sistemas son aún de uso limitado en la ganadería colombiana, pues en Colombia los beneficios y aportes de esta práctica frente a la productividad y la calidad de alimentos producidos están aún por ser demostrados (Mahecha et al., 2012), por lo que es fundamental, aumentar el número de investigaciones sobre estos parámetros, para permitir conocer mejor su funcionamiento y obtener un valioso aporte de información que permita crear estrategias que mejoren no sólo la calidad de este alimento tan fundamental en la dieta humana, sino

también que generen nuevas ideas de manejo productivo involucrando los diferentes eslabones de la cadena cárnica, relacionándolos entre sí, desde la crianza en finca de los respectivos animales hasta llegar al consumidor final, para lograr conseguir los estándares que exigen el mercado, la industria y por supuesto el consumidor.

OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal de este trabajo es caracterizar algunos aspectos de la calidad de carne en animales manejados y alimentados en diferentes condiciones de producción, como la asociación silvopastoril, la producción Tradicional y ceba en estabulación.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el comportamiento de las características organolépticas de la carne como la terneza y el color de bovinos producidos en diferentes condiciones de producción
- Determinar el comportamiento de la característica físico-química, pH, de la carne de bovinos producidos en diferentes condiciones de producción
- Caracterizar el contenido y composición de algunos ácidos grasos en carne de bovinos producidos en diferentes condiciones de producción.

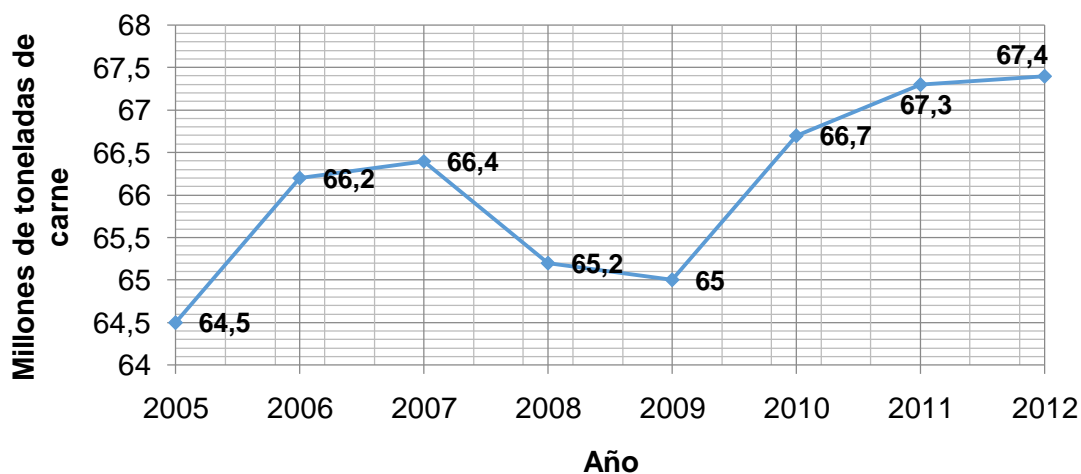
1. Capítulo 1. Estado del Arte

1.1 Situación actual del sector cárnico a nivel mundial

En el año 2012 se produjeron 304,1 millones de toneladas de carne, de las cuales 109,2 millones fueron de carne de cerdo, seguida por la carne de ave con 102,6 millones de toneladas, mientras que la producción de carne bovina fue de apenas 67,3 millones de toneladas, cifra que es baja comparándola con las especies de cerdo y ave (FAO, 2013).

El comportamiento de la producción de carne bovina en los últimos 8 años ha sido variable presentando una disminución importante durante el año 2009 (65 millones de toneladas), sin embargo, posterior a ese año se inició una estabilización de la producción (67,5 millones de toneladas), que cobijó el año 2011 y 2012. (Figura 1-1; FAO, 2013).

Figura 1-1: Comportamiento de la producción mundial de carne bovina (millones de toneladas)

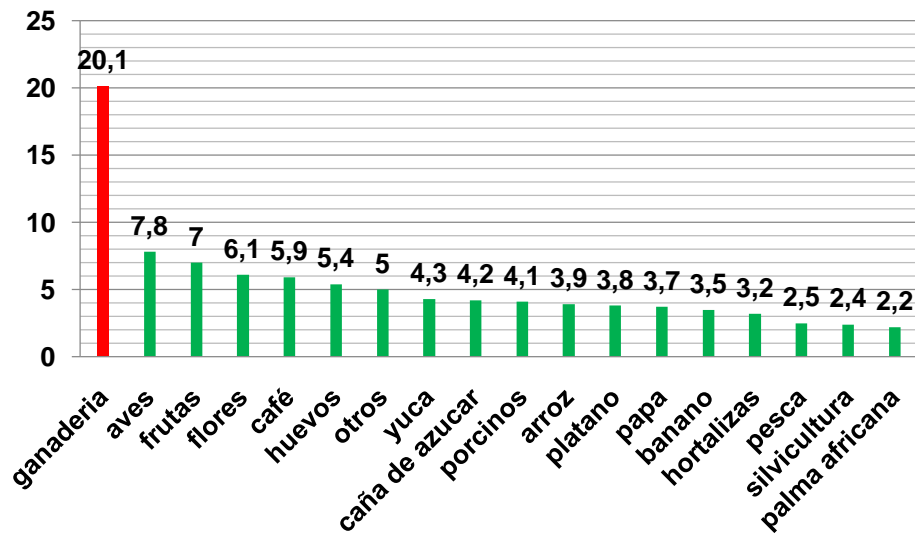


Fuente: FAO, (2013)

1.2 Importancia de la ganadería colombiana

Colombia en el año 2012 tuvo una producción de 864.538 toneladas, superado por los Estados Unidos con 11'173.000 toneladas y por Brasil con 9'399.962 toneladas de carne (FAO, 2013). A pesar de esto, la producción ganadera colombiana se considera una actividad de gran importancia económica para el país, pues contribuye un 1,6% del PIB (Producto interno bruto) Nacional y afecta significativamente al sector pecuario (con una participación 53% del PIB pecuario) y sector agropecuario (participación el 20% del PIB agropecuario), como se muestra el figura 1.2 (Lafaurie, 2012), además contribuye a generar empleo para 300 millones de personas y aporta proteína, siendo un medio para solucionar la desnutrición. (Steinfeld et al., 2006).

Figura 1-2: Participación porcentual de la ganadería colombiana en el PIB Agropecuario



Fuente: FEDEGAN, (2012)

1.3 Situación actual de la ganadería de carne colombiana

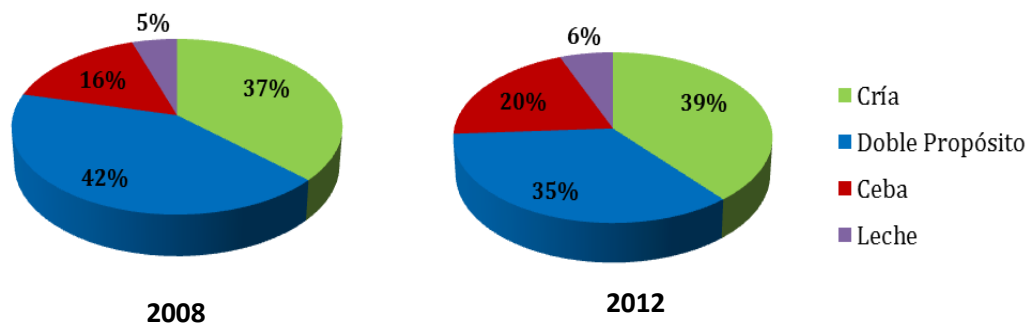
Esta actividad es muy generalizada y se realiza en todo el país, con 23,6 millones de cabezas, Colombia cuenta con el cuarto hato ganadero de América Latina. (FEDEGÁN 2010), las regiones con mayor participación ganadera son: la norte con el 28% y la oriental con el 27% (Espinal et al., 2005).

La actividad del sacrificio ha presentado un comportamiento importante, pues ha pasado de 4 millones de cabezas en el 2010 a 4,48 millones en el 2013. Igualmente el rendimiento en canal se incrementó en el 2011 con un 53,1% y la edad de sacrificio pasó de 39 a 38 meses. En cuanto a las importaciones y exportaciones de carne, en promedio ingresaron al país 3.800 toneladas entre el 2000 y 2012; y en las exportaciones, en el año 2012, se observó una importante recuperación con la venta de 347.500 reses, lo que equivale a 144 millones de toneladas de carne exportada. (FEDEGAN, FNG, 2013)

1.3.1 Producción de carne en Colombia

Colombia se encuentra en el puesto 14 de los productores de carne a nivel mundial, con un porcentaje de participación alrededor del 2% del total, superado por Brasil, Argentina y México. En el 2008 de la producción total, el 5% se orientó a la producción de leche, el 37% a la cría, el 42% a el doble propósito y un 16% a la producción de carne o ceba, correspondiendo a un total de 911.000 tonelada equivalente canal (t.e.c.), para el 2012 la producción de carne se orientó un 20%, lo que demuestra que esta actividad aumentó un 4%, (figura 1-3) siendo un crecimiento importante y significativo (FEDEGÁN, 2010), lo que se evidencia la gran influencia de esta actividad en el desarrollo económico no solo del sector agrario, sino del país en general.

Figura 1-3: Orientación del hato ganadero colombiano en la producción de carne



09

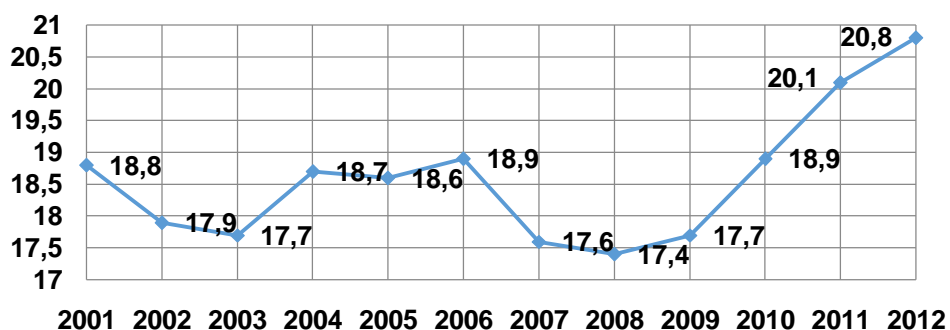
Fuente: Encuesta ganadera, segundo ciclo de vacunación, 2008; FEDEGAN-PROEXPORT, 2010

1.3.2 Consumo de carne en Colombia

El consumo per cápita de carne se ha venido incrementando, desde el año 2009 (Figura 1-4), debido a que el ingreso medio de los consumidores ha aumentado importantemente. En el año 2009 el consumo fue de 17,7 Kg por persona, en el 2012 este consumo fue mayor con 20,8 Kg de carne por persona. (FEDEGAN-FNG, 2013)

A pesar de este importante crecimiento del consumo de carne colombiano, este valor está todavía muy lejos del consumo de otros países de sur América, como es el caso de Argentina, el cual presenta un consumo por persona de 55 Kg de carne por año (MAPFRE-Crediseguros S.A., 2010), por lo que incrementarlo debe ser un reto y un objetivo del sector cárnico incluyendo a todos los eslabones de la cadena cárnica.

Figura 1-4: Consumo carne de res aparente per cápita en Colombia (Kilo/Hab/Año)



Fuente: FEDEGAN-FNG, 2013

A todas las anteriores cifras significativas de la relevancia de la ganadería en la economía colombiana, se espera que en los próximos años el inventario bovino logrará alcanzar un aumento del casi 30%, para ubicarse como uno de los países líderes en la práctica de la ganadería y así podrá superar a países como Brasil, Argentina y Nueva Zelanda. (FEDEGAN-PEGA, 2006)

1.3.3 Principales sistemas de producción en Colombia

Dentro de los principales sistemas producción (tabla 1-1) manejados en la ganadería colombiana, está el extensivo mejorado con un 49% de participación en la producción y el extensivo tradicional con una participación del 42%, siendo este último el que utiliza mayor cantidad de tierra (14,6 millones de hectárea) por lo que se puede afirmar que la ganadería colombiana es principalmente extensiva (Mahecha et al., 2002), siendo esta clase de manejo poco eficiente en la producción de carne. Los sistemas intensivos como el confinamiento y el sistema silvopastoril son poco usados, pero en los últimos años se han visto como una nueva opción para mejorar la eficiencia productiva de los hatos colombianos, la cual no es proporcionada por los sistemas extensivos (Mahecha et al., 2012)

1.3.4 Sistemas Silvopastoriles

Es una novedosa alternativa de producción pecuaria que se refiere a la interacción integral de especies arbóreas y arbustivas (plantas leñosas perennes) con gramíneas y el componente pecuario con el objetivo principal de aumentar a largo plazo la productividad del sistema (Somarriba, 1992) citado por (Aguilar, 2012)

Estos sistemas se pueden presentar en diversos arreglos como por ejemplo aquellos sistemas asociados al cultivo de árboles maderables o frutales para la industria, el autoconsumo y/o la protección de biodiversidad, con densidades que varían entre los 25 a 500 árboles por hectárea, pero estos valores pueden variar, pues dependen de parámetros biofísicos y ambientales (Aguilar, 2012)

Estos sistemas son una estrategia de producción que permiten no solo la restauración y el sostenimiento de recursos naturales sino que permiten la mejora de la productividad ganadera, pues se incrementa la disponibilidad de alimento de altamente nutritivo, especialmente en época seca (Ibrahim et al., 2006)

En Colombia los más comunes han sido aquellas que se basan en la especie leguminosa *Leucaenaleucocephala*, la cual se asocia primordialmente con pasturas mejoradas, como pasto guinea o pasto estrella. Estas poseen ventajas como el hecho de que permiten la conservación de fauna y flora, (Tobar et al., 2006), generan bondades ambientales como almacenamiento de carbono (Oelbermann e Ibrahim, 2006), mejoran la regulación hídrica (Ríos et al., 2006) y permiten el reciclaje de nutrientes en el suelo generando altos rendimientos de las pasturas, lo que desencadena mejores ganancias de peso de los animales (Mahecha et al., 2002), como se observó en un proyecto de implementación de estas alternativas en Costa Rica, donde se registró un 20,8% de aumento en pasturas mejoradas y un 14,2% de reducción de pasturas degradadas (Casasola et al., 2008)

Tabla 1-1: Características principales de los sistemas de producción manejados en Colombia

Parámetros	Extractivo	Extensivo Tradicional	Extensivo Mejorado	Semi-intensivo Suplementado	Confinamiento
Actividad	Cría y levante	Cría de levante, ceba	cría, ceba y doble propósito	Lechería, doble propósito y ceba	Lechería y ceba
Raza predominante	Razas criollas	Criollo x Cebú	Cebú mestizo x razas europeas	Cebú puro x razas europeas	Razas europeas especializadas
Productos	Machos cebados 44 meses y de descarte	Terneros destetos, leche, levante y machos cebados	Terneros destetos machos cebados y leche comercializada	Carne y leche	Derivados lácteos, leche y carne
Área ocupada	11 millones de hectáreas	14,6 millones de hectáreas	4,5 millones de hectáreas	270 mil hectáreas	*
Población	1,5 millones	14 millones	6,5 millones	800 mil (513 mil razas lecheras)	25 mil
Participación en producción de carne	2,60%	41,80%	49,10%	6,30%	0,20%
Capacidad de carga	0,5 cabezas/ha	0,8 a 1 cabezas/ha	1,2 animales/ ha	3 a 3,5 cabezas /ha	*

Abreviaturas: ha: Hectáreas

Tomado: Mahecha et al., 2002

1.3.5 Sistemas Confinamiento

Este sistema se caracteriza principalmente por producir animales tiernos, de una edad más corta, debido a que con su manejo se puede disminuir el tiempo de engorde de los animales, permitiendo así generar un producto final con alta calidad, como la exige el mercado actual. La carne que se produce es tierna, con poca cantidad de grasa superficial, pero con mayor grado de marmóreo. También dentro de sus ventajas está que los animales, no caminan mucho para encontrar el alimento, sino que se les ofrece en el corral (Muñoz y Osorio, 2009) evitando mucho esfuerzo físico, el cual afecta inversamente la ternura de la carne, es decir que entre mayor ejercicio físico mayor dureza de la carne por el hecho del desarrollo muscular durante el movimiento.

Aunque el sistema en confinamiento es incipiente en Colombia, son pocas las explotaciones en donde se practica y la información local acerca de los sistemas estabulados es escasa, el confinamiento en nuestro país está recibiendo actualmente particular atención (Arboleda 2003)

1.3.6 Sistemas de Pastoreo Tradicional

En Colombia la principal forma de producción de carne es bajo la forma extensiva, donde los animales pastorean en grandes áreas y su dieta basal se caracteriza por especies forrajeras nativas con poca disponibilidad de forraje durante todo el año y durante la épocas de sequía (Córdoba et al., 2010), además de esta baja oferta forrajera durante todo el año productivo, estos sistemas basados en monocultivos de pasturas se caracterizan por presentar baja productividad y generar perjuicios en el ambiente (Bacab et al., 2013) como desforestación, degradación del suelo y escasez de agua. (Murgueitio y Ibrahim, 2004)

Molina y Uribe (2002), realizaron un estudio donde se comparó datos nutricionales y oferta forrajera en un sistema de monocultivo con un sistema con asociación de leguminosas con gramíneas, es decir un sistema silvopastoril y se observa (tabla1-2) una gran diferencia, mostrando la poca oferta y la baja calidad nutricional de dicha oferta, por lo que es lógico

pensar que son sistemas poco eficientes productivamente, a pesar de su gran uso en el medio colombiano.

Tabla 1-2: Oferta y calidad nutricional de un sistema silvopastoril comparado con un sistema tradicional

Variable	Monocultivo con Pasto Estrella	SSP Leucana+ Pasto Estrella
Biomasa Ton MS/ha/año	23,2	29,5
Proteína Cruda Ton MS/ha/año	2,5	4,1
E.MetabolizableMcal/ha/año	56,88	70,22
Calcio Kg/ha /año	83,2	142,3
Fósforo Kg/ha /año	74	88,8

Abreviaturas: Ton: Toneladas; ha: Hectáreas; Mcal: Megacalorías; Kg: Kilogramos

Tomado de: Molina y Uribe, 2002

1.3.7 Pasturas Mejoradas

En Colombia se ha venido implementando condiciones de producción con nuevas tecnologías de pasturas, que permitan mejorar e incrementar la eficiencia productiva de los hatos extensivos (Toledo, 1982, citado por Lemus, 2008). Dentro de las pasturas mejoradas más utilizadas en Colombia con buenos resultados, son aquellas donde se manejan las diferentes clases de *Brachiarias*, por su alta adaptabilidad a condiciones climáticas agrestes, o asociaciones entre leguminosas como la Leucaena (*Leucena leucephala*), Matarratón (*Gliricidia sepium*) y Maní Forrajero (*Arachis pintoi*) con gramíneas o pastos mejorados como el pasto Estrella (*Cynodon plectostachyus*) (Urbano et al., 2008)

Pérez realizó un estudio en el trópico colombiano con varias especies de *Brachiarias*, obteniendo una oferta entre 6 y 10 ton de Ms/ha/año, con una producción de carne entre 225 y 402 Kg/ha/año con *Brachiariadecumbens*. Al usar *Brachiariabrizantha* cv Toledo, se obtuvieron de oferta de forraje 30 Ton/ha/año de Materia Seca (MS), con cargas superiores a 2,5 UA, mientras que para la *Brachiariabrizantha*, La Libertad se obtuvo una producción de carne entre 300 y 500 Kg/ha/año, con una oferta de forraje entre 8 y 20 Ton/ha/año de MS. Dichos resultados y rendimientos muestra una mejora en la productividad y la producción de carne, siendo esta una alternativa productiva que puede ser

utilizada como una estrategia para mejorar la eficiencia productiva de los sistemas en el trópico colombiano.

1.3.8 Producción de carne en el trópico Alto Colombiano

Es muy poca la información en literatura sobre estudios que muestren e indiquen características importantes de producción y de calidad de carne de los sistemas manejados en el trópico alto colombiano, debido a que su utilización se orienta principalmente a la producción de leche en esta zona del país. Por tal motivo este estudio es importante pues dará a conocer la caracterización de algunas variables de calidad de carne producida en el trópico alto con razas europeas, mostrando una posibilidad y una nueva alternativa para la producción cárnica colombiana, con innovadoras y diferentes razas en zonas poco manejadas para este fin, el cárnico.

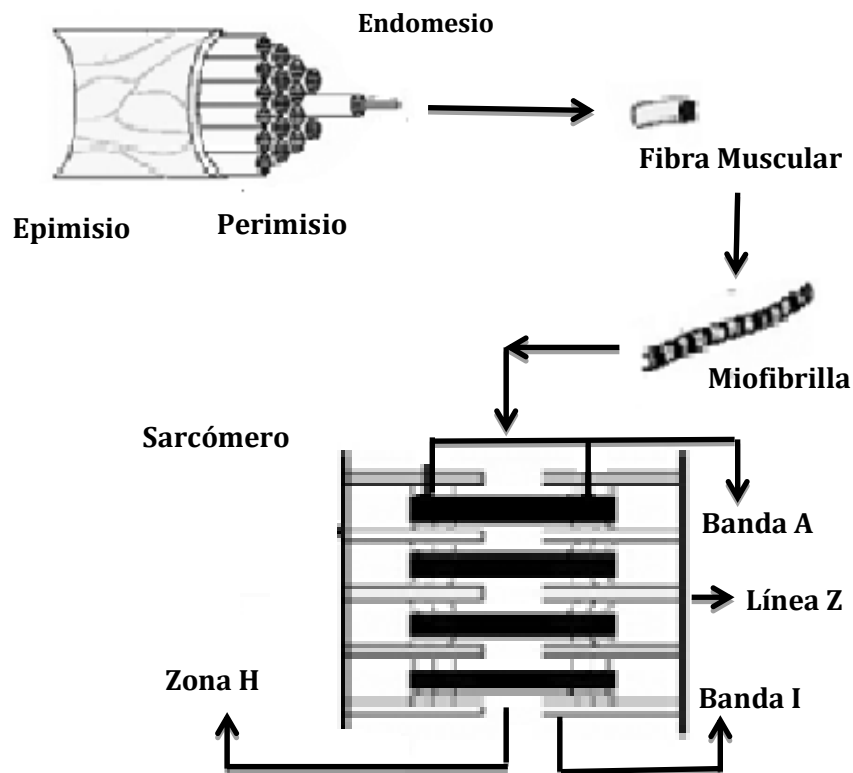
1.4 Tejido muscular animal

El músculo animal está conformado por diversos tejidos de los cuales los importantes son: tejido muscular, tejido conectivo y tejido adiposo. De estos el tejido muscular es fundamental en la conversión de músculo a carne, el cual se constituye por tejido muscular liso y tejido muscular estriado. El primero se caracteriza por un color homogéneo y está formado por células largas fusiformes y se relaciona con el movimiento involuntario de venas, arterias y vísceras.

El tejido estriado es complejo (Figura 1-5) y está conformado primeramente por el epimisio, el cual está cubierto por grupos de fibras musculares llamadas perimisio y en este se ubica el marmóreo. Del perimisio salen capas llamadas endomisio, el cual envuelve cada fibra muscular, dentro de las cuales se ubican las miofibrillas recubiertas a su vez por el retículo sarcoplásmico, cuya función es regular la contracción y relación muscular. A partir de las miofibrillas se encuentran los filamentos de miosina y actina, los cuales están formados por bandas claras y oscuras. La banda clara se denomina banda I, la cual es dividida por una banda delgada llamada Z, que está unida con otra forman el llamado sarcómero. De la banda oscura surge la banda A (Restrepo et al., 2001) que en su centro se ubica la zona H, la cual

está dividida por una banda oscura llamada banda M (Belitz et al., 1985, citado por Chacón, 2004)

Figura 1-5: Composición estructural del músculo animal



Fuente: Chacón, 2004

1.5 Conversión de músculo a carne

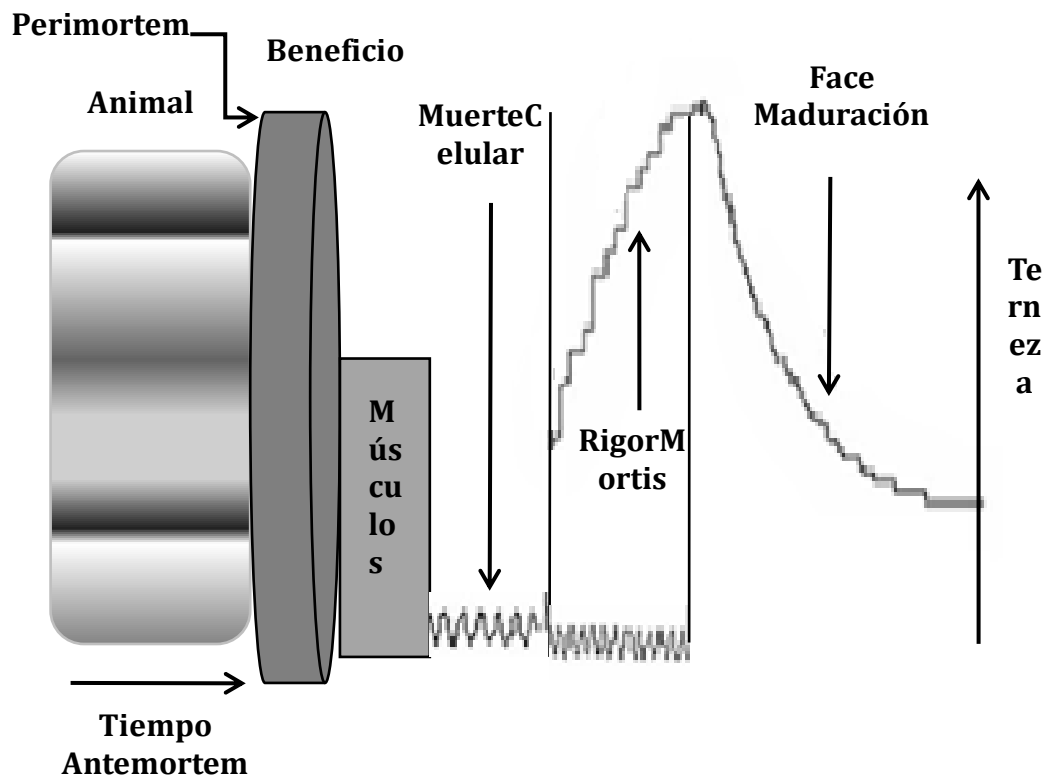
La carne se puede definir de acuerdo a infinidad de autores. Aquí se presentan algunas: para Lawrie (1967), esta es el tejido muscular obtenido de los animales y que tiene como finalidad

alimentar, para Institut Technique Du Porc (1997) se define como lo que se obtiene finalmente de la evolución física y química de los músculos esqueléticos, también Keane (1981) la define como la parte muscular, un poco de grasa y de hueso que sirve como alimento al ser humano.

No se debe confundir los términos carne con canal, donde la última se puede definir como el cuerpo del animal, ya sea res, cerdo, ave etc., cuando es beneficiado, decapitado, desollado, eviscerado y sin pezuñas (Restrepo et al., 2001)

La conversión de músculo a carne se inicia con la muerte del animal, después del proceso de desangre del animal, las células entran en un estado donde no reciben más nutrientes para su funcionamiento normal, por lo que ellas comienzan a realizar procesos de supervivencia. La conversión de músculo a carne se dan en tres fases: la etapa de pre-rigor o apoptosis, el rigor mortis y la tenderización. (Figura 1-6). Estas etapas están muy relacionadas con el desarrollo de los diferentes atributos de la calidad de carne (Ouali et al., 2006).

Figura: 1-6 Etapas de la conversión de músculo a carne



Fuente: Ouali et al., 2006

1.5.1 Muerte celular o Apoptosis

Corresponde a la primera fase de conversión cárnica a partir del músculo, este es un proceso organizado y regulado fisiológicamente por un tipo particular de proteínas (Caspasas) que sucede comúnmente en los seres vivos, incluyendo desde los animales monomoleculares hasta los pluricelulares como los mamíferos (Yuan, 1996). Su finalidad consiste en la supresión de células peligrosas, sin generar daño alguno en las células cercanas (Fidzianska et al., 1991). Este tipo de muerte celular se cree que está muy estrechamente relacionada con la evolución de la terneza y el pH en la carne (Kemp y Parr, 2012).

La apoptosis consta de diferentes modificaciones a nivel celular: Las células que comienzan a sufrir esta muerte regulada se encuentran aisladas debido a que existe una pérdida de los contactos con las células más cercanas, luego se genera una disminución en el volumen celular, al condensarse tanto el núcleo como el citoplasma de las células respectivas.

La mitocondria de las células apoptóticas presenta modificaciones, sin destrucción total de la membrana: Liberación del citocromo C en el citoplasma, reducción del potencial de membrana, deterioro de la permeabilidad de la membrana con abertura de poros especializados y la disfunción de algunas proteínas pro-apoptóticas. Posteriormente la cromatina es dividida en regulares fragmentos constituidos por 180 pares de bases, formando así los llamados cuerpos apoptóticos (Matsura et al., 2005; Youle y Karbowski, 2005).

1.5.2 Mecanismo de la Apoptosis

La regulación de la muerte programada es realizada por las Caspasas que son proteínas clasificadas como peptidasas cisteínas, hay dos principales familias, de las cuales la 3, 6, 7, 8, 9, 10 y 12 están directamente involucradas en la apoptosis (Earnshaw et al., 1999)

El mecanismo de la apoptosis consta de dos vías: La intrínseca y la extrínseca, la primera como su nombre lo indica ocurre dentro de la célula y se origina por el estrés ambiental (estado post-mortem), el cual genera modificaciones fisiológicas y celulares (Liberación del citocromo C y daño en la membrana mitocondrial) que desencadenan la formación del complejo apoptosoma activando la caspasa 9. La segunda vía consiste en la activación de un receptor celular, el cual acciona las caspasas 8 y 10, que junto con el complejo apoptosoma formando en la primera vía inician la señal proteolítica con función exclusiva de la caspasa 12 para originar la muerte celular, por medio de la acción de las caspasas 3 y 7 (Boatright y Salvesen, 2003)

De acuerdo al mecanismo anterior las caspasas son las principales en la destrucción de la estructura muscular, por la degradación de las proteínas de las miofibrillas de componentes cuando el musculo entra en estado post-mortem después del beneficio del animal, pero se ha encontrado que este proceso, es más adelante apoyado por otros sistemas proteolíticos como el de las catepsinas y calpaínas y que entre todos estos procesos se facilita una adecuada degradación proteínica (Kemp y Parr, 2012)

1.5.3 Rigor Mortis

Es la segunda fase de la conversión de músculo a carne, el cual se define como una contracción lenta e irreversible. Cuando el animal es beneficiado y desangrado se genera una interrupción no solo en la circulación sanguínea, sino también el aporte de oxígeno al músculo, iniciando así la síntesis anaeróbica de energía, llamada glucólisis (Restrepo et al., 2001) cuyo proceso se caracteriza por la producción y consumo de ATP (Adenosintrifosfato), para compensar la escasez de energética. A medida que se gasta las reservas glucogénicas se da una acumulación de ácido láctico (producto final del metabolismo anaeróbico por acción de la enzima lactato deshidrogenasa la cual cataliza una reacción que integra un hidrógeno a la molécula de piruvato generando ácido láctico (Swatland, 1999), el pH post-mortem

disminuye y esta caída inactiva las enzimas glucolíticas cesando la refosforilación del ATP, y en esta situación la actina y la miosina se unen formando un complejo rígido llamado Actio-miosina, lo que en última instancia es lo que se denomina músculo en rigor (Mendes y De Miranda, 2007) y se alcanza entre las 10 y 24 horas posteriores a la muerte (Beliz et al., 1985).

Conocer funcionamiento del rigor mortis, así como su efecto en la calidad de carne, es importante pues está estrechamente relacionado con parámetros como la suavidad, el pH y el color. El mal establecimiento o el tiempo inadecuado de este puede presentar fenómenos no requeridos, como es el caso de un rigor mortis severo llamado acortamiento por frío, el cual se presenta cuando el músculo en estado de pre-rigor con niveles muy bajos de pH post-mortem se expone a temperaturas muy bajas, es decir entre el rango de 15-16 °C, esto lo que hace es incrementar la cantidad de calcio intracelular, por la disfunción de organelas como la mitocondria y el retículo endoplasmático que no puede ligar iones de calcio. Con este proceso, la característica que más se afecta es la terneza, pues la carne que sufre este mecanismo es considerada tres veces más dura que la carne normal. Caso parecido es el rigor por descongelamiento, el cual es mucho más severo que ocurre cuando se ponen en proceso de descongelación músculos en pre-rigor que se encontraban congelados, donde igual que el acortamiento por frío se da una acumulación de calcio intracelular pero mucho más en exceso, reduce la suavidad y se da una pérdida excesiva del exudado de la carne (Teira, 2006)

1.5.4 Maduración

Es la tercera y última fase de la conversión del músculo en carne, después de que se da el rigor mortis. Según Cañeque y Sañudo (2000); Campo et al. (1999), esta es un conjunto de modificaciones fisiológicas y bioquímicas del músculo, ocasionadas por procesos enzimáticos endógenos, que consisten en la degradación de las proteínas que conforman las miofibrillas componentes primordiales de la estructura muscular, las cuales son la miosina, proteínas de las líneas M, Proteína C, Acina, Tropomiosina T,I y C, β -actina, α -actina y desamina en la línea Z (Penny, 1984). La maduración surge en condiciones de almacenamiento al vacío y a temperaturas de refrigeración (4°C), generando no solo que el músculo se vuelva ligeramente más suave, sino que se mejore también el sabor y el aroma (Swatland, 1999; Parrish, 1999 citados por Chacón, 2004). Durante los primeros 10 días de almacenamiento, donde la velocidad de reducción de la dureza es rápida, se ha comprobado que se da un 80% de esa

disminución donde posteriormente a este tiempo se da un descenso en la velocidad de reducción. (Smith et al., 1978)

Dentro de las principales modificaciones en la estructura muscular durante la maduración están: Primero el rompimiento de las líneas Z en la unión actina, lo que conduce al debilitamiento de las miofibrillas, segundo la degradación de la desmina (proteína tipo III de los filamentos del citoesqueleto intracelular de las células musculares), que facilita la fragmentación de los enlaces transversales entre miofibrillas, tercero debilitación de la titina, la cual conecta los filamentos de miosina, de la nebulina y de la troponina T (Koochmaraie, 1994)

1.5.5 Mecanismo del proceso de maduración

Para el desarrollo de las anteriores modificaciones mencionadas durante el proceso de maduración, se han encontrado varios sistemas enzimáticos, dentro de los participan principalmente las colagenasas, proteasas alcalinas y catepsinas y las proteínasas neutras mediadas por Calcio (Ashie et al., 1997)

La maduración comienza cuando el músculo en rigor presenta una gran acumulación del ion cálcico, por la alta liberación de calcio del retículo sarcoplásmico, lo que activa el llamado CAF (Factor activado por Calcio), el cual es una proteasa que actúa sobre diversas proteínas miofibrilares, degradándolas lentamente y volviéndolas más laxas, entre estas estructuras miofibrilares están principalmente las líneas Z, la tropomiosina, proteína C y la proteína de la línea M (Penny, 1984).

1.6 Calidad de carne

Es fundamental referirse a la calidad de un alimento, la cual según Colomer (1988); Kramer y twigg (1962) citados por Mendes y De Miranda (2007), se considera un conjunto de características que se interrelacionan entre sí, las cuales le infieren aceptación al producto frente al consumidor por llenar la expectativas en los gustos y a la demanda del mercado por la mejora en el precio del producto y por ende la competitividad del alimento. El aspecto de

calidad es un parámetro complejo debido a que en él se incluyen factores como cultura del consumidor, desarrollo tecnológico del sector, tipo de mercado y clase de destinatario del producto final, al cual llega.

A partir de lo mencionado anteriormente se puede detallar que la calidad de carne se considera como el conjunto de atributos que conforman al producto (en este caso la carne) como un todo, el cual durante procesos y procedimientos de modificación tiene menos pérdidas y mantiene su buena calidad.

La calidad de carne está conformada por diversas categorías, desde donde la definición de calidad puede variar dichos aspectos se resumen en la tabla 1.3 que se presenta a continuación.

Tabla 1-3: Aspectos que conforman la calidad de un alimento.

Categoría	Atributos
Calidad Sanitaria	Higiene Microbiológica: Ausencia patógenos y residuos
Atributos Organolépticos	Color Terneza- Jugosidad Sabor y Olor Marmoreo o Cantidad de Grasa Visible
Valor Nutritivo	Cantidad de Grasa Composición de Ácidos Grasos Valor Proteico
Calidad Tecnológica ó Físico-Química	pH Capacidad de Retención de Agua Consistencia de la Grasa Separación de Tejidos Estabilidad Oxidativa
Calidad Social	Bienestar Animal Ambiente

Tomado de: Coma y Piquet, 2000

1.7 Aspecto Organoléptico de la carne

La calidad organoléptica o sensorial es aquella que se refiere a la captación de dicha calidad por medio de los órganos de los sentidos, dicho atributo se ha consolidado como uno de los más importantes para el consumidor al momento de seleccionar la compra y al momento de consumir el producto, pues muchos califican la calidad por los atributos sensoriales y se ha demostrado por la evaluación internacional de diversos países, que los aspectos sensoriales de alta calidad como el color y la terneza hacen que el consumidor pague mejores precios por el producto. (Judge et al., 1989)

1.7.1 Textura

La textura se define como la asociación de diferentes sensaciones físicas y químicas percibidas durante la masticación y la manipulación de la carne (Cáceres, 2010). Dicha cualidad está muy influenciada por las propiedades de las fibras musculares (Teira, 2004)

Esta se conforma por la terneza y Jugosidad, pues según Dransfield et al., (1984), las diferencias existentes en la textura se deben un 64% a la terneza y un 19% a la jugosidad.

La terneza es el grado de facilidad o la fuerza necesaria para cortar y masticar una porción de carne (Barton et al., 1988 citado en Vásquez, et al., 2007; CIAT, 1998). Aunque otros autores la definen como la unión de estructuras reológicas (tejidos) adaptadas por las fibras musculares, tejido conectivo, grasa, vascular y nervioso. (Stanley, 1979 citada en Cáceres, 2010)

De acuerdo a lo anterior esta cualidad está muy relacionada y afectada por todo lo referente a la estructura del músculo: Grado de debilitamiento y grosor de la fibra muscular, cantidad de tejido conectivo (muy relacionado con el efecto del colágeno), contracción del músculo, resolución del rigor, cantidad de la grasa intramuscular, tamaño, localización y función del músculo (Vásquez et al., 2007; Teira, 2004) y cantidad del colágeno intramuscular (Bianchi et al., 2008)

1.7.2 Métodos para mejorar textura

Como la textura es de mucha importancia para la selectividad del producto, porque la mayoría de consumidores la infieren como uno de los factores más importantes para determinar la calidad de la carne (Cañeque y Sañudo, 2000) y además porque esta cualidad presenta una alta variación afectando los procesos en la industria cárnica (Bolemanet al., 1997), se han creado mecanismos para mejorar dicha característica. Estos mecanismos pueden ser tanto ante-mortem como post-mortem.

Entre los métodos ante-mortem, refiriéndose a 24 y 48 horas antes del proceso de beneficio se encuentran la selección del nivel, tipo y tiempos de alimentación (pastos, suplementación con la vitamina D), la genética por medio de la implementación de nuevos tipos de razas así como de cruzamientos, también con la utilización de metodologías para evitar el estrés durante el transporte, durante la espera antes del beneficio y durante la sensibilización. (Teira, 2004)

Como métodos post-mortem está la inyección de cloruro de calcio, la cual permite obtener carne más tierna, debido a que se incrementa la acción de las calpaínas, que actúan debilitando las líneas Z de las fibras musculares, este método se realiza introduciendo la solución cálcica directamente a la carne después de 24 horas post-mortem, una vez que haya pasado el rigor mortis, proceso que se denomina marinación. (Wheeler, 1998).

También está la estimulación eléctrica (EE), esta consiste en aplicar a la canal una descarga eléctrica, la cual genera una aceleración en la glucólisis, en el rigor mortis y en el cierre de las miofibrillas, mejorando así el color y la terneza, pues previene el acortamiento en frío y la degradación brusca y violenta de las miofibrillas (Savell et al., 1977 citados por Rubio, 1992).

El tenderstretching, es el proceso por el cual la canal después del beneficio y antes del rigor, se cuelga a través de la pelvis, con el objetivo de que todos los músculos del cuarto trasero se estiren lo más posible y se evite el acortamiento de los mismos durante el proceso del rigor mortis y se mejore así la terneza de la carne (O'Halloran et al., 1998, citados por Thompson et al., 2006)

La tendercute otra tecnología de intervención en la terneza de la carne, mejorándola, la cual consiste en hacer un colgado de la canal y posteriormente hacer un corte generalmente por la vértebra 12 y 13ª torácica y la 4 y 5ª sacra, el isquión de la pelvis, tejido conectivo y

adiposo y por los músculos menores, sin hacer un daño en los músculos más extensos y largos, los cuales son los más tiernos (Marriott y Clauss, 1994, citado por Lundesjö et al., 2001)

Por último está la maduración, la cual es un proceso de degradación y desnaturalización proteolítica ocasionada por diversos sistemas enzimáticos, que generan y mejoran la terneza o el ablandamiento de la carne. (Sierra, 2010). Comúnmente se usa, empacando el corte de carne al vacío a temperaturas de refrigeración alrededor de 4°C, por lo general se usa un tiempo de maduración de 14 días, que es cuando se logra una adecuada terneza.

1.7.3 Métodos de evaluación de la textura

Para evaluar la textura se pueden realizar valoraciones directas o indirectas, dentro de las indirectas están la determinación de la longitud del sarcómero y la evaluación de la cantidad de colágeno intramuscular. Dentro de las valoraciones directas están los métodos instrumentales y/o análisis sensoriales (Bianchi et al., 2008). En los primeros está la metodología del texturómetro para medir la fuerza de cizallamiento, usando diversos protocolos como el Slice Shear Force (SSF), Kramer Shear Press (KSP), Volodkevich Bite Jaws (VBJ) (Mendes y De Miranda, 2007) pero el más comúnmente usado es el protocolo del Warner-Bratzler, en la cual se coloca un pedazo de carne cocinada con temperatura adecuada en una cuchilla triangular que corta a una velocidad constante y perpendicularmente a las fibras musculares simulando la mordida humana, por lo tanto mide la fuerza necesaria para contar y partir dicho pedazo de carne, también están los métodos de compresión, los cuales determinan la resistencia de un trozo de carne cruda a una fuerza de deformación determinada (Bianchi et al., 2008)

Los métodos sensoriales se hacen referencia a evaluaciones realizadas por los consumidores a través de sus sentidos. Existe diversidad de pruebas, de las cuales las más eficaces, de más fácil realización y de más popular uso por parte de los investigadores son las de discriminación y dentro de estas las pareadas, aunque las pruebas hedónicas son de mucha utilidad también, sobre todo si se busca conocer una evaluación de preferencia o de aceptación inmediatamente por parte del consumidor (Aramendia, 2011). Es recomendable la

utilización de la prueba hedónica por escala, pues se ha utilizado cantidad de veces en varios productos, con resultados exitosos (Stone et al., 1974, citados por Aramendia, 2011).

1.7.4 Color de la carne

Característica organoléptica igualmente importante, debido a que es lo primero que ve el consumidor para tomar una decisión de compra y de selección del producto. (Cañeque y Sañudo, 2000)

El color es una propiedad física y una percepción visual sobre la distribución e intensidad de la luz que incide contra cualquier objeto y es reflejada por su superficie. Dicha percepción depende de tres factores primordiales: el objeto (la carne), la luz y la opinión subjetiva y psicológica del visualizador. (Díaz, 2001)

Específicamente el color de la carne está muy asociados a la concentración, estado químico y a la estructura de proteínas musculares, principalmente de la mioglobina, encargada del transporte de oxígeno a las células del músculo y conformada por una proteína llamada globina y por el grupo Hemo, el responsable de atribuirle el color rojo intenso a las proteínas mioglobina y hemoglobina y por ende al músculo. Dependiendo del estado químico de la mioglobina el color en carne puede presentar variaciones, como se muestra en la tabla 1-4

Según Beriain y Lizaso (1997) los consumidores desean carnes color rojo brillante, es decir cuando la mioglobina se encuentra oxigenada, mientras que, estando oxidada no es deseada, debido al color pardo oscuro que toma la carne.

Tabla 1-4: Color de la carne según el estado de la Mioglobina.

Estado Químico de la Mioglobina	Color Adquirido
Mioglobina Reducida (MB)	Rojo Púrpura
Mioglobina Oxigenada (Oximioglobina MBO ₂)	Rojo Brillante
Mioglobina Oxidada (Metamioglobina MetMB)	Marrón, Pardo

Tomado de: Díaz, 2001

Existen dos métodos para determinar color, los primeros son los métodos químicos que permiten identificar la cantidad de pigmentos en la carne y los instrumentales, son aquellos que se analizan por medio de un colorímetro (CIAT, 1998). Cómo lo explica Gómez, (2011), este método se basa en el sistema CIELab, el cual es un sistema cromático que permite medir los colores que perciben el ojo humano. Maneja las coordenadas tricromáticas, las cuales son: la luminosidad (L^*), esta depende del pH, Capacidad de Retención de Agua (CRA), humedad, estructura muscular, oxidación de los pigmentos y de la cantidad de grasa, su variabilidad va de blanco perfecto (100) a negro absoluto, el índice de rojo (a^*), el cual si el valor es positivo el color tiende al rojo, si es negativo el color tiende a ser verde, muy relacionada con la cantidad de mioglobina (Pérez-Alvárez, 1998) y el índice de amarillo (b^*), el cual también depende del signo, si el signo es positivo el color tiende al amarillo, si es negativo tiende a ser azul, dependiendo del objeto evaluado. De estas tres coordenadas se pueden calcular las coordenadas colorimétricas como el croma (C^*) y el tono (h°). Este último, es el atributo visual, el cual permite percibir el color, es decir es el estímulo que indica si el objeto observado es de color azul, verde, rojo etc. Varía de 0 a 60.

$$h^\circ = \arctan(b^*/a^*) \times 57,29$$

La saturación o la cromaticidad (C^*): Es la sensación visual, que permite evaluar que tan vivo o apagado es el color de un área determinada. Depende directamente a concentración de mioglobina. Varía de 0 a 200 (Gómez, 2011)

$$C^* = ((A^*)^2 + (B^*)^2)^{0,5} \text{ Varía de 0 a 200.}$$

1.8 Aspecto tecnológico de la carne

Desde el punto de vista de la calidad de carne tecnológica se puede definir calidad como el conjunto de características técnicas y óptimas que permiten el adecuado procesamiento de un alimento (Eguinoa et al., 2006), en este caso elaboración de productos cárnicos. Los rendimientos tecnológicos dependen de los parámetros como son pH y velocidad de caída, color, CRA (Capacidad de Retención de Agua), concentración de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, composición química y las características organolépticas.

Desde el punto de vista de la calidad de carne tecnológica se puede definir calidad como el conjunto de características técnicas y óptimas que permiten el adecuado procesamiento de

un alimento (Eguinoa et al., 2006), en este caso elaboración de productos cárnicos. Los rendimientos tecnológicos dependen de los parámetros como son pH y velocidad de caída, color, CRA (Capacidad de Retención de Agua), concentración de proteínas sarcoplásmicas y miofibrilares, composición química y las características organolépticas.

1.8.1 pH

Principal característica físico-química de la calidad de carne, definida como la propiedad que indica el grado de ácido y/o básico, su descenso adecuado va indicar la calidad organoléptica y tecnológicas de la carne, debido a que el principal proceso que se realiza durante el establecimiento del rigor mortis una vez es sacrificado el animal es la acidificación muscular; una vez muerto el animal para el aporte de oxígeno y de nutriente al músculo, y a este solo le queda obtener energía (ATP), por la vía de transformación anaeróbica del glucógeno, dicha obtención de ATP a partir de glucógeno genera ácido láctico, generando así la acidificación muscular. (Zimerman, 2007)

En este proceso el pH desciende de 7,2 en tejido vivo a 5,6 en carne a las 24 horas post-mortem (Lawrie, 1985 citado por Frisby et al., 2005), la moderada disminución de este pH, mientras la canal se enfría se genera una carne de alta calidad caracterizada por un color rojo brillante, firme y no exudativa (Red, Firm and Non-exudative; RFN), sin embargo, si el pH desciende en forma brusca y rápida se obtiene un ambiente muy ácido, se da una desnaturalización de las proteínas y se genera carnes pálidas, suaves y exudativas (Palide, Soft and Exudative; PSE); por otro lado, si la tasa de pH, desciende muy lentamente debido a la poca reserva de glucógeno por parte del músculo antes del beneficio, por lo que se obtienen carnes con pH encima de 6, oscuras, firmes y secas (Dark, Firm and Dry; DFD), dichas anomalías afectan la calidad de la carne y afectan la comercialización de la misma. (Frisby et al., 2005) y además estas son principalmente debidas al mal manejo ante-mortem que puede generar estrés en el animal. (Driessen y Geers, 2000)

1.9 Calidad nutricional de la carne

La importancia de la carne se deriva no solo de su atractivo sensorial, sino también de su elevado valor nutritivo. Recientemente se ha reportado, en varias publicaciones, la presencia de factores anticancerígenos en la carne de res. Como es el caso del Ácido Linoléico Conjugado (ALC), el cual es un grupo natural de isómeros del ácido linoleico presentes en los

productos de origen animal incluyendo ovejas, bovinos y leche, además de presentar propiedades anticancerígenos (in vitro en ratones); tiene efectos en la reducción de los niveles de colesterol en sangre de conejos consumiendo una dieta alta en lípidos a largo plazo y en reducciones en la incidencia de arterosclerosis (Revue-Laitiere-Française, 1996).

Las propiedades nutritivas de un alimento se refiere principalmente a la cantidad y calidad de nutrientes, que este posea, es decir a su composición química (Sanz, 1994), la carne más específicamente es un alimento muy importante, pues se encuentra en los principales grupos nutricionales de la pirámide alimenticia (Carvajal, 2001), debido a su alto valor proteico (20%), pues este importante alimento aporta aminoácidos que el ser humano no tiene capacidad de sintetizar, pero que son requeridos para todas las funciones biológicas (Fenemma, 1996, citado por Santrich, 2006)

También la carne se considera una fuente importante de lípidos, vitaminas y minerales (Vásquez, et al., 2007a). Hay una infinidad de autores que han investigado sobre la composición química del tejido muscular y en la tabla 1- 5 se resume el hallazgo de algunos de ellos:

De los anteriores valores, se puede concluir que la carne es un alimento rico en proteína y además también se puede observar que la cantidad de grasa es altamente variable, por lo que este aspecto puede estar muy influenciado por diversos factores tanto inherentes como externos al animal.

Tabla 1-5: Composición Química de la carne según algunos autores.

Autor	% Humedad	% Proteína	% Grasa
Cole y Lawriw, 1975	75	19	2,5
Huertas et al., 1993	75,4	21,15	2,28
Esquivel, 1994	71,54	22,08	4,75
Ferreira de Castro, 1999	58 - 64	24 - 31	6 - 14

Serra et al., 2004	65 - 80	16 - 22	1,5 - 13
--------------------	---------	---------	----------

Abreviaturas: %: Porcentaje

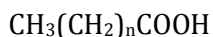
Este alimento además es rico en vitamina A y vitaminas del complejo B, principalmente Niacina, Riboflavina, Tiamina y Piridoxina, así como también es una fuente importante de hierro, cobre, zinc y selenio. (Santrich, 2006).

Según Alberle et al., (2001), la carne contiene poca cantidad de carbohidratos, más o menos entre 0.5 y 1.5 % (Serra et al, 2004) y poca cantidad de calcio (100mg por 100 gramos de carne), presenta una cantidad de sodio aproximadamente entre 60 y 90 miligramos y 300 mg de potasio por 100 gramos (gr) de carne (Fenemma, 1996).

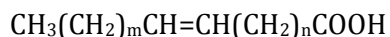
1.10 Ácidos grasos en carne

Los ácidos grasos son compuestos de ácidos carboxílicos (grupo carboxilo en el extremo de la cadena) de cadena alifática hidrófoba, que pueden clasificarse de acuerdo con el número de carbonos o a la longitud de la cadena (Martínez et al., 2010). Pueden clasificarse como saturados e insaturados (Castañeda y Pañuela, 2010).

Según Christie (1989), estos pueden ser originarios de animales, plantas y microorganismos, además pueden variar de acuerdo al número de carbonos. Los ácidos grasos saturados (AGS) son aquellos que no presentan dobles enlaces, y son los más abundantes en tejidos animales y de plantas



Mientras los ácidos grasos insaturados si poseen dobles enlaces, los cuales varían su posición en la cadena. Estos a su vez se subdividen en mono-insaturados y poli-insaturados, los primeros se caracterizan por presentar solo un enlace doble, uno de los más comunes es el Ácido oleico.



Los poli-insaturados por el contrario presentan dos o más dobles enlaces separados por un grupo metileno.



Para una misma fórmula química de los ácidos insaturados, se puede presentar una gran variedad de isómeros, de acuerdo a la posición de los dobles enlaces, es decir, si los enlaces dobles están en el mismo lado se denomina con la configuración *cis*, pero si estos están en ambos lados la configuración será *trans*. (Mc Donald et al., 2006)

Entre los ácidos importantes se encuentran el ácido esteárico que hace parte de los ácidos grasos, el ácido oleico y vaccénico dentro de los mono-insaturados (tabla1-6). Los ácidos poli-insaturados (AGPI) se dividen en omega-3 y omega 6, del primero el principal ácido es el α -Linoleico, y del segundo está el ácido α -linoléico, importante debido a que no es sintetizado por el tejido animal y es requerido para las funciones vitales, por lo que debe ser ofrecido en la alimentación (Christie, 1989), además es uno de los precursores del ácido omega 3.

Tabla 1-6: Principales Ácidos Grasos

Clase de Ácido Graso	Nombre Sistemático	Designación	Nombre Común
Ácidos Grasos Saturados	Etanoico	2:00	Acético
	Butanoico	4:00	Butírico
	Hexanoico	6:00	Caproico
	Octanoico	8:00	Caprílico
	Tetradecanoico	14:00	Mirístico
	Hexadecanoico	16:00	Palmítico
	Octadecanoico	18:00	Esteárico
Ácidos mono-insaturados	<i>Cis</i> -9-tetradecenoico	14:1(n-5)	Miristoleico
	<i>Cis</i> -9-octadecanoico	18:1(n-9)	Oleico
	<i>Trans</i> -11-octadecanoico	18:1(n-7)	Vaccénico
Ácidos Poli-insaturados	9, 12-octadecadienoico	18:2(n-6)	Linoleico
	5,8,11,14-eicosatetraenoico	18:3(n-6)	Araquidónico

9,12,15- octadecatrienoico	18:3(n-3)	Alfa-Linolénico
-------------------------------	-----------	-----------------

Tomado de: Christie, 1989

Es importante resaltar que la carne además posee una cantidad considerable de ácidos grasos que pueden afectar la salud humana (Givens, 2005, citado por Bessa et al., 2008).

La alimentación básica de los rumiantes, contienen entre 2% y 5% de lípidos y la mitad de estos lípidos corresponden a ácidos grasos. En los forrajes verdes predominan el ácido linolénico con un 50% del total de ácidos grasos y el ácido linoleico con un 10% y 20% del total. En los forrajes conservados se logra incrementar entre 5% y 2% la cantidad de ácido linolénico y oleico respectivamente. Los cereales presentan principalmente el ácido linolénico con un porcentaje mayor al 50% del total de los ácidos grasos. (Martínez et al., 2010)

Por lo tanto los ácidos grasos saturados (AGS) de mayor presencia en grasa animal son el ácido palmítico y el esteárico; entre los insaturados están el palmitoleico y el oleico, linoléico y linolénico. En el tejido animal se constituye principalmente por ácido oléico. (Arruda et al., 2002)

Estos ácidos grasos provenientes de la dieta de los rumiantes sufre procesos bioquímicos en el tracto gastrointestinal, específicamente en el rumen, donde se lleva a cabo dos importantes procesos: la lipólisis y la hidrogenación. (Alves y Bessa, 2009).

El primer proceso consiste en la formación de ácidos grasos mediante la hidrólisis, la cual es debida a la acción de las lipasas, galactolipasas y fosfolipasas (Harfoot y Hazlewood, 1988), el segundo proceso, la biohidrogenación ocurre en el rumen de algunos herbívoros y es el resultado de la fermentación microbiana, principalmente a la bacteria *Butirivibrio fibrisolvens*, donde las enzimas de estos organismos (isomerazas) actúan sobre las grasas poli-insaturadas (AGPI) y mono-insaturadas (AGMI), obteniéndose isómeros de ácidos grasos (Demeyer y Henderichx, 1967, citados por Giacopini, 2007). Este proceso consta de una fase de isomerización y otra de saturación (Bessa et al., 2000 citados por Alves et al., 2005), teniéndose como sustrato los ácidos linolénico y linoléico formándose como resultado el ácido esteárico (Doreau y Ferlay, 1995), como se observa en la figura 1-7

La biohidrogenación teniendo como sustrato el ácido linoléico se da en tres etapas (Figura 1-7): La primera consiste en la isomerización del enlace *cis* 12 al *trans* 11 generándose nuevos isómeros del Ácido Linoleico Conjugado (ALC), entre los que se encuentran el ácido Ruménico (C18:2 *cis*-9, *trans* 11) como el isómero mayoritario (30%). El ácido Ruménico que se absorbe en el intestino y que es depositado en los tejidos, se forma a partir de la conversión del ácido Vaccénico por la acción de la enzima desaturasa. El ácido Ruménico representa más del 85% del ALC presente en la grasa muscular. (Piperova et al., 2002; Bauman et al., 1999)

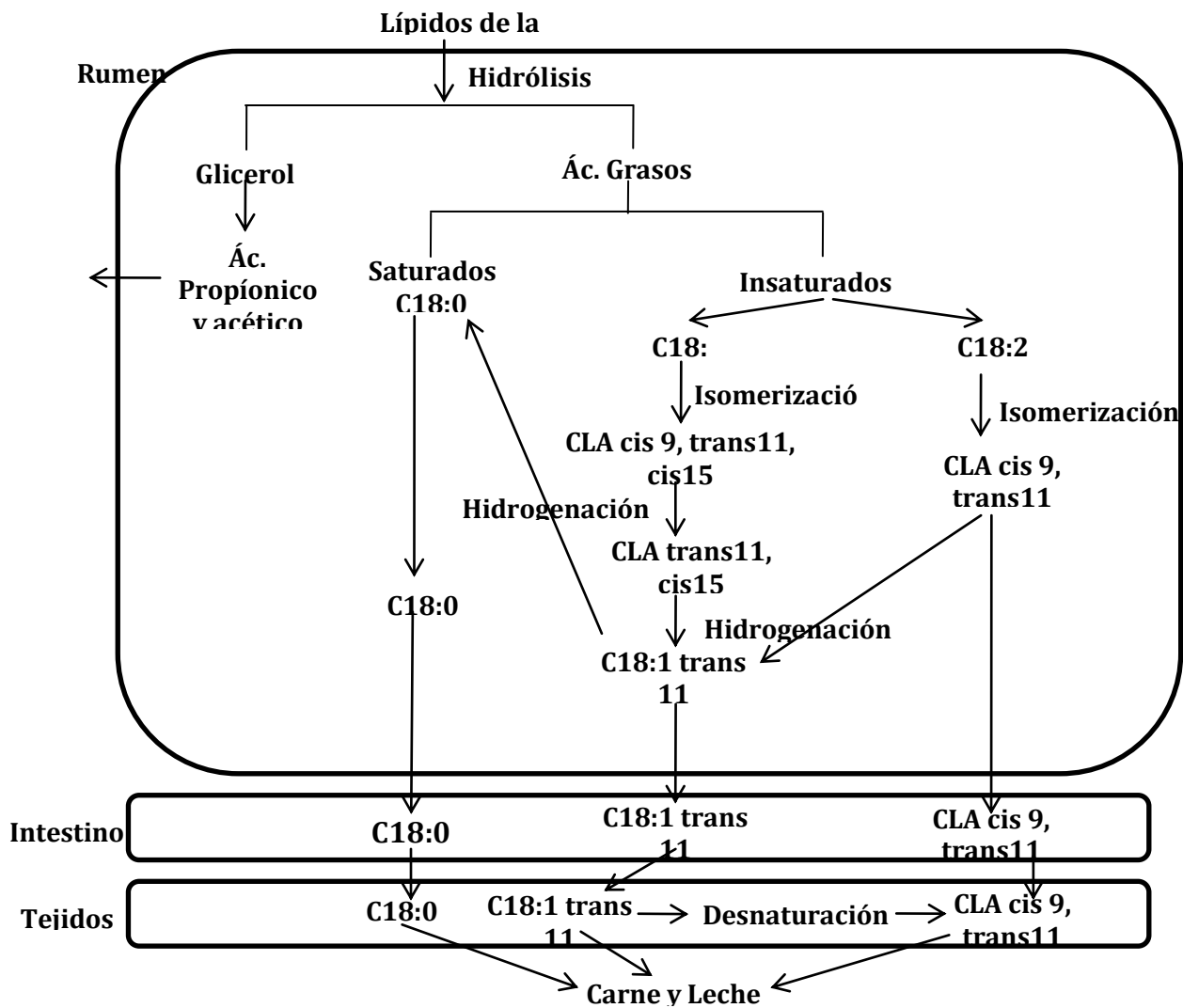
La segunda fase corresponde a la hidrogenación del enlace *cis*-9 del ácido Ruménico formándose el ácido Vaccénico. Para el ácido linoléico como sustrato solo se da directamente la isomerización para formar el ácido vaccénico. Este proceso cuando se tiene el ácido linoléico como sustrato se da una isomerización directamente a formar el ácido vaccénico, la primera fase no se da. La tercera etapa es la reducción del ácido vaccénico a ácido esteárico, cuando hay una acumulación del ácido vaccénico, una proporción de este logra escapar del rumen volviéndose disponible para la absorción intestinal (Martínez et al., 2010). La biohidrogenación se ve afectada por diversos aspectos, dentro de los cuales se encuentran el tipo de alimentación, donde este proceso es mayor cuando en la dieta predomina los forrajes y es menor cuando la dieta es concentrado (Lee et al., 2006)

También la afecta el tamaño de la partícula, la cantidad de fibra en detergente neutro (FDN) y la concentración de almidón degradable en rumen. Cuando el tamaño de la partícula es menor, la cantidad de FDN es poca y el almidón degradable en rumen es mayor, se presenta una disminución del pH y en consecuencia el proceso de biohidrogenación. (Sauvant et al., 1999). Otro factor es la cantidad de ácidos poli-insaturados (AGPI), es decir la concentración de ácido linoleico y linoléico, debido a que su alta concentración de estos ácidos disminuye el proceso de biohidrogenación. (Troegeler- Meynadier et al., 2006)

Posterior a la digestión microbiana en rumen, los ácidos grasos formados son principalmente ácidos saturados (70%) y fosfolípidos microbianos, los cuales salen del rumen hacia los tercios finales del yeyuno, donde por medio de lipoproteínas de muy baja densidad y por quilomicrones son transportados para el almacenamiento de dichos ácidos en los tejidos de reserva (tejido adiposo, muscular, hígado, glándula mamaria) (Bauchart, 1993). En estos

tejidos de reserva además de los ácidos que llegan del rumen, también se puede dar la formación de más ácidos grasos por medio de la síntesis de Novo, a partir del acetato en rumiantes alimentados con pasturas, y de la glucosa y/o lactato en animales que consumen concentrados. El principal producto de la síntesis de Novo es el ácido Palmítico (Martínez, et al, 2010)

Figura 1-7: Mecanismo de Biohidrogenación Ruminal



Fuente: Martínez et al., 2010

El desarrollo de la deposición de grasa en el tejido adiposo y muscular se da en el siguiente orden: Abdominal, intermuscular, subcutáneo e intramuscular (Petrick y Dushea, 1996), donde este fenómeno se ve influenciado por la edad del animal; en animales jóvenes los depósitos ocurren en el área abdominal, mientras en adultos se da en la zona subcutánea (Bell, 1982).

1.10.1 Relación de ácidos grasos con la calidad de la carne

Son varias las investigaciones que han encontrado una relación muy estrecha entre la fracción lipídica con algunas características de calidad en la carne bovina. La degradación lipídica es un factor que afecta los aromas volátiles de la carne (Mottram et al., 1991), esto debido a que la oxidación de los ácidos poli-insaturados produce componentes volátiles que pueden generar olores agradables o desagradables en la carne (Elmore, et al., 1997). Además Wood et al. (2003) reportó que valores más altos de 3mg/100mg del ácidos α -Linolénico, se pueden generar efectos negativos en el olor de la carne.

También hay quienes afirman que dietas altas en ácidos grasos afectan la ternura y la jugosidad de la carne. Enser et al. (1984) concluyó que el efecto de los ácidos grasos en la firmeza de la carne se debe a diferentes puntos de ablandamiento de cada ácido graso, lo que indica que si se incrementa la insaturación del ácido graso, el punto de ablandamiento se incrementará y por ende la firmeza de la carne disminuye.

El color es otra característica de calidad que se ve influenciada por los ácidos grasos, la cual varía por el grado de oxidación del paso de oximioglobina (color rojo) a la metamioglobina (color café), lo que en otras palabras se refiere a la rancidez de la carne, la cual al aumentar la oxidación de los ácidos grasos, la rancidez se incrementa, generando un color café o pardo en la carne lo que afecta negativamente esta característica organoléptica (Renner, 2000)

1.10.1.1.1 Estrategias alimentarias para modificar ácidos grasos en carne

La industria agroalimentaria en los últimos años se ha centrado en modificar la fracción lipídica de la carne (Gago et al., 2008). A través de la nutrición se puede modificar el

contenido de los ácidos grasos en el tejido muscular (Andrae et al., 2001), relacionado principalmente son el tipo de ración ofrecida, duración de alimentación y tipos de suplementos utilizados (Gillis et al., 2004). El objetivo principal es mejorar la relación entre ácidos poli-insaturados y saturados, a favor de incrementar los ácidos grasos poli-insaturados (AGPI) particularmente de la serie n-3 para incrementar los isómeros de ácido linoleico conjugado (ALC) (Pérez, 2011).

Dentro de las estrategias está el uso de suplementación con aceites y semillas de oleaginosas en la dieta animal, las cuales incrementan los ácidos poli-insaturados (AGPI), en las canales de bovinos y corderos (Chilliard, 1993), como el aceite de Cártamo, aceite de lino, aceite de soja extrusionada, los cuales incrementan el contenido de ácido lineico conjugado (ALC), en el tejido muscular de corderos y terneros (Zinn et al., 1996). Según Cabezas et al., (1995) animales alimentados en los últimos 4 meses de vida con semillas de Linaza o Cártamo triplican la cantidad de ácidos Omega-3, incrementando en un 15 % la presencia de ALC en tejido animal. Esto se debe a que estas grasas libres vegetales incrementan los ácidos grasos disponibles para la absorción intestinal sin afectar los microorganismos ruminales (Kenelly, 1996).

Otras formas de incrementar los niveles de ácido linoléico conjugado en dieta es mediante la selección de bacterias que actúan en la biohidrogenación, que puedan alterar el medio ruminal; suplementos dietarios como jabones de calcio o formaldehído que protejan los ácidos grasos del proceso de biohidrogenación, y también el uso de suplementos con ácido vaccénico en dieta de animales que funcione como sustrato de la delta-9 desaturasa y se permita la formación del ALC en tejidos animales (Gago et al., 2008)

De Blas (2004) investigó que una manera también acertada para modificar el perfil lipídico en grasa de origen animal es mediante tratamientos químicos y/o térmicos de las semillas que se ofertan en la dieta, así como la incorporación de aceites en cápsulas protéicas o semillas intactas a la ración.

También en los últimos años, se ha venido implementando una nueva alternativa para mejorar la calidad nutritiva de la carne, constituida por el uso de sistemas silvopastoriles que

según Corral et al. (2012) estos sistemas son una fuente alternativa y prometedora de grasa saludable para la nutrición humana.

La calidad de carne y a su vez los aspectos que la conforman se ven influenciados por diversos factores:

1.11 Factores pre-beneficio de la calidad de carne

Dentro de estos factores se encuentran aquellos que son inherentes al animal o que son llamados también factores biológicos y son fundamentalmente: sexo, edad, y genética.

1.11.1 Genética

Según Renner (1986) citado por Cañequé y Sañudo (2000) el crecimiento de la cantidad de pigmentos en músculo varía de acuerdo a la genética del animal, así por ejemplo en la raza Frisona el aumento importante de pigmentos se da a los 12 y 15 meses de edad, en la raza Limosín es a los 13 y 16 meses de edad y en la Charoles es durante los 17 y 22 meses. También según Albertí et al. (1993), la intensidad del color es el parámetro con mayor variabilidad entre razas, debido a las diferencias inherentes a cada raza como son: el metabolismo, el tamaño del músculo y el porcentaje de fibras, ya sea blancas, rojas o intermedias; así que las razas productoras de leche presentan un color rojo más intenso que aquellas productoras de carne.

En la terneza también existen diferencias entre razas; la raza brahmán presenta carne menos tierna que las razas europeas, esto posiblemente a que se ha demostrado que a medida que se incrementa el porcentaje de raza brahmán, la proporción de calpaína: calpastatina se incrementa, limitando la proteólisis muscular y aumentando así la dureza de la carne (Pringle et al., 1997, citados por Hernández, et al., 2009)

También algunos autores han reportado importantes diferencias en algunos parámetros de calidad de la carne sobre la raza *Boss-tauro* y sobre la *Boss-indicus*, por ejemplo Huertas-Leidenz et al. (1991) encontraron una mayor predisposición a acumular grasa intramuscular de los animales *Boss-tauro* que los bovinos *Boss-indicus*; igualmente Vercezi et al. (2006), concluyeron que en *Boss-indicus* la cantidad de colesterol, la cantidad de ácido Mirístico (C14)

y Esteárico (C18) y la cantidad de ácidos grasos saturados es mayor que en *Boss-tauro*, los cuales son más ricos en ácidos Palmítico (C16), en ácidos mono-insaturados y en ácidos Poli-insaturados.

Crouse et al. (1989) han demostrado que la carne de *Boss-indicus* es menos tierna que la de *Boss-tauro*, esto debido a que los últimos presentan una mayor proteólisis y por su parte el *Boss-indicus* presentan en actividades más altas del inhibidor calpastatina. (Schakelford et al., 1991)

Refiriéndose a las diferencias por razas Vásquez et al. (2007b) encontraron que las razas con mayor contenido de ácidos grasos era la Brangus, seguido por el Romosinuano colombiano y luego la raza Brahman. También Irizarry (1998), reportó que los animales de la raza brahmán y sus cruces presentan carne menos tierna que los de raza Holstein. La carne del ganado Brahman ha demostrado ser significativamente más dura que la carne del ganado Hereford y Angus.

1.11.2 Sexo y estado fisiológico

Se ha comprobado que la carne de toro es mucho más dura que de novillo e inclusive menos tierna que la de hembras. Además el sexo también afecta el color y el pH, existiendo mayor cantidad de pigmentos en las hembras que en los machos, y presentándose una caída de pH post-mortem más lenta en machos enteros que en las hembras; en novillos dicha caída tiene una velocidad moderada. (Depreti, 2000)

Distintos autores también encontraron diferencias relacionadas al sexo como (Sañudo et al., 1993), hallaron que las hembras tienen mayor probabilidad de presentar carnes oscuras, firmes y secas (Dark, Firm and Dry; DFD) que los machos, resultado que podría ser debido al estrés desencadenado como consecuencia de la rivalidad y la jerarquía entre machos, sin embargo otros autores como Scanga et al. (1998), afirman que las hembras son más excitables debido a sus elevados niveles de estrógenos.

Dentro de los factores pre-sacrificio también se encuentran todos aquellos relacionados con el manejo de los animales mediante el uso de prácticas dentro de las que están el descorne, la castración, el transporte, las cuales generan estrés y la alimentación del animal y el sistema de producción.

1.11.3 Castración

Huertas- Leindenz y Rios (1993) indican que la carne de los toros no castrados adultos es menos tierna al ser comparada con novillos castrados esto debido a mayor complejidad del tejido conectivo, a la mayor concentración de testosterona en el animal entero y una actividad pronunciada de la calpastatina, (Morgan et al., 1993) la cual inhibe las caspasas encargadas del debilitamiento miofibrilar (Ouali et al., 2006)

1.11.4 Alimentación

Se han investigado varios aspectos relacionados con la alimentación como es el caso de dietas a voluntad que proporcionan mayor ternura, sabor y jugosidad y además una mejor apreciación general de la carne frente a dietas con restricciones. (Fishell et al., 1985), también Lapiere et al. (1990) concluyeron que en animales jóvenes la concentración de hierro de la dieta influye sobre el color de la carne, intensificando su tono rojo.

Animales alimentados a base de forrajes, presentan carnes con menos marmóreo, más oscuras, con textura áspera y menos tiernas. (Huertas- Leindenz y Rios, 1993), además a terneros que se les ofrece pastos como base de alimentación presentan una coloración más oscura, es decir, un rojo más oscuro en la carne (Crouse et al., 1984; Bidner et al., 1986; Espejo et al., 1998).

Administrar azúcares durante períodos largos de espera antes de sacrificio se ha definido como una medida afectiva para evitar casos de oscuras, firmes y secas (Dark, Firm and Dry) (Pethick et al., 1997).

En diversas investigaciones se ha concluido que animales que se les oferta un tipo de alimentación con altos niveles energéticos como es el caso del sistema en confinamiento proporcionan carne más tierna, debido a la mayor de grasa infiltrada. (Cañeque y Sañudo, 2000).

Principalmente el manejo de la alimentación antes del proceso de beneficio afecta de manera relevante la velocidad de caída del pH post-mortem, es el caso de aquellos animales con altos niveles de estrés, que reciben alimentos el mismo día del beneficio, lo que puede generar carnes pálidas, blandas y exudativas (pálida, soft and exudative; PSE), mientras que animales con ayunos prolongados generan carnes oscuras, firmes y secas (Dark, firm and dry; DFD),

debido a la alta cantidad de glucógeno muscular almacenado, obteniendo como resultado baja producción de ácido láctico y un pH final básico. (Coma y Piquet, 2000)

Espejo et al. (1998), encontraron que la carne obtenida de terneros alimentados con forrajes, es mucho más oscura, esto explicado porque los forrajes presentan una mayor cantidad de pigmentos naturales como los carotenos y xantofilas repercutiendo en la intensidad del color del músculo, además según Depretis y Santini (2005), con la edad, estos pigmentos comienzan almacenarse en el tejido adiposo, sobre todo los carotenoides, afectando así también el color de la grasa intramuscular. Así mismo se conoce que animales que finalizan a base de pasturas tienen mayor concentración de ácidos Poli-insaturados, ácido Esteárico (C18), Linoleico (C18:2n-3) y Araquidónico (18:3n-6), que aquellos alimentados a base de concentrados (Realini, et al., 2004). También Laurenço et al. (2008) encontraron que la diversidad botánica de los forrajes, es decir que la especie de pastura ofrecida a los animales afecta no solo el metabolismo de la fracción lipídica en rumen sino también la composición de la misma en carne.

1.11.5 Sistema de producción

Se ha demostrado que el sistema de producción afecta la calidad de la carne, notándose diferencias importantes cuando el animal es manejado bajo pastoreo. Ripoll et al. (2011) reportaron en sus estudios sobre el efecto de diferentes sistemas de producción sobre la calidad de la carne de cordero, que animales finalizados bajo pastoreo con Alfalfa, tuvieron diferencias significativas en la luminosidad de la grasa y en el enrojecimiento de la carne, siendo estas variables mayores, comparados con los animales terminados a base de concentrados. También se reporta que los niveles de grasa en carne son menores en un sistema basado en forrajes (Barton et al., 2005 citado por Ekiz et al., 2011). En Colombia, son pocos los estudios realizados y se conoce muy poco sobre la calidad de carne producida en los sistemas más utilizados, por lo que es importante caracterizarlos y conocer más sobre sus componentes y su relación con la calidad de carne, siempre considerándolos como un factor fundamental en el comportamiento de la calidad del producto generado y por ende un aspecto que puede ser manipulado o manejado para mejorar dicha calidad.

En el ámbito colombiano, se ha venido manejando los sistemas silvopastoriles como una nueva opción para la producción ganadera tanto de leche como de carne. El objetivo de estos

sistemas es el desarrollo de una ganadería sostenible que permita incrementar la calidad forrajera y frenar el deterioro ambiental. (Solorio y Florez, 2011, citados por Corral et al., 2012).

Aunque son pocos los estudios realizados sobre calidad de carne en Latinoamérica e incluso a nivel mundial, hay evidencias de que la calidad de carne producida en sistemas con *Leucaena* se puede igualar a la de animales alimentados en corral en términos de peso, edad, grosor, color de la grasa, carne magra, color de la carne y marmoleo. (Esdale y Middleton, 1997). Y la producción de carne con esta leguminosa puede ajustarse a los requerimientos para ser aprobada como carne orgánicamente certificada por la Unión Europea, debido a que no usan suplementación extra ni promotores de crecimiento (Aguilar, 2012) y también en cuanto a terneza y jugosidad de la carne proveniente de un sistema silvopastoril es muy parecida a la carne orgánica producida en animales alimentados a base de forrajes verdes (Barron et al., 2006)

Otros sistemas como estrategia para la intensificación de la ganadería, aunque con poco uso de estos en Colombia, son los sistemas bajo confinamiento, en las cuales se ha demostrado que dietas con altas concentraciones de energía tales como las ofrecidas en este sistema (debido al elevado consumo de almidón aportado por los granos), permite incrementar el glucógeno almacenado en los músculos, pues el propionato para la gluconeogénesis se vuelve más disponible y se obtiene una cantidad adecuada del glucógeno lo que permite lograr adecuados descensos de pH, fundamental para las características organolépticas, ya que están especialmente influenciadas por las tasas de descenso del pH y pH final que alcance la carne. Así por ejemplo, en la medida que el pH es más bajo, menor es la capacidad de retención de agua de las proteínas musculares, lo que determina un empaquetamiento menos compacto, dejando mayor espacio entre las fibras musculares y consecuentemente mayor terneza. Bajos pH determinan un mayor grado de asociación entre el oxígeno y la mioglobina lo que genera un color rojo intenso en lugar de colores rojos opacos menos deseables, producto de un menor nivel de oxidación de la mioglobina. (Santini et al., 2003)

1.11.6 Transporte y manejo

También dentro de los parámetros que afecta las características de calidad de carne son aquellos manejos que de un modo se consideran agentes estresantes, dentro de estos agentes están el transporte, exposición a altas o muy bajas temperaturas, ruido, alimentación restringida, manipulación inadecuada, aislamiento, entre otros (Frasen y Broom, 1990, citados por Kadim et al., 2006).

La carga y el transporte como agentes inductores de estrés y su influencia sobre la calidad de la carne, es un tema importante para tener en cuenta a la hora de evaluar esa calidad. Warris, (1990), afirma que durante el transporte se ven incrementados los niveles de metabolitos indicadores de estrés, catecolaminas y glucocorticoides que movilizan las reservas de glucógeno existentes en el músculo. La falta de reservas de glucocídicas del músculo en el momento del sacrificio ocasiona la aparición de carnes oscuras, firmes y secas (Dark, Firm and Dry; DFD) (Cañeque y Sañudo, 2000)

Otra causa importante de estrés, el agrupamiento individuos desconocidos antes del sacrificio, hecho al que es más sensible la especie bovina (Sañudo et al., 1993)

Animales estresados se caracterizan por presentar bajas reservas de glucógeno una inadecuada acidez post-mortem (Gregorio y Grandin, 1998). El estrés puede generar cambios celulares y metabólicos que repercuten negativamente la calidad de la carne; el color de la carne se torna más oscuro (Lawrie, 1966) y hay un ascenso no deseado del pH post-mortem y se presenta mayor dureza de esta, lo que afecta el impacto económico del producto (Smith et al., 1978).

1.11.7 Madurez fisiológica y edad cronológica

Donde se ha demostrado que animales más jóvenes generan carnes más tiernas, que los animales más viejos, donde el endurecimiento muscular comienza a los 30 meses de edad, en bovinos (Teira, 2004), esto debido a que a medida que se incrementa la edad se incrementa la cantidad de colágeno (Cáceres, 2010).

También con el aumento de la edad, se presenta un incremento en la cantidad de mioglobina afectando así el parámetro del color, volviéndolo más intenso (Jacobs et al., 1972),

La edad es un factor biológico que influye en los parámetros tecnológicos y fisicoquímicos, uno de los cuales es el pH final, presentando los animales de menor edad valores de pH más

elevados, por lo que los animales jóvenes serían más susceptibles de presentar carnes DFD, (sigla en inglés que significa carnes secas, firmes y oscuras) esto debido a los requerimientos energéticos de los animales jóvenes son superiores y tardan más tiempo en adaptarse a los efectos de los agentes estresantes. (Schrama et al., 1994)

1.12 Factores post-motem de la calidad de la carne

En estos se incluyen principalmente dos factores: Proceso culinario, maduración y almacenamiento.

El proceso culinario, donde se tiene en cuenta los diferentes tratamientos térmicos y la temperatura de los mismos. El calentamiento sobre la carne, origina una desnaturalización del colágeno que a su vez produce una coagulación de las proteínas miofibrilares, dando como resultado un incremento de la dureza. (Harris y Shorthose, 1988). Sobre el sabor o flavor el cocinado también presenta efectos pues en el proceso térmico se dan reacciones entre el calor y los precursores del flavor generados durante la maduración originando compuestos volátiles responsables del aroma y no volátiles responsables del sabor. (Nishimura et al., 1988).

Con la maduración de la carne, la estructura de las miofibrillas se ve afectada dando como resultado una mayor terneza de la misma, además durante el almacenamiento de la carne a una baja temperatura la superficie de la carne presenta una desecación y al aumentar la cantidad de sales en la superficie, se favorece la formación de metamioglobina influyendo así en la característica organoléptica del color debido a que la carne se torna de un color pardo-marrón no deseado (Lawrie, 1966), además de esto, el almacenamiento no adecuado puede generar una contracción excesiva de las fibras musculares generando una carne mucho más dura (Roncales et al., 1999).

1.13 Relación de la alimentación animal con la conversión de músculo a carne y la calidad de carne

La alimentación ofrecida a los animales es un factor importante en la modificación de la calidad organoléptica de la carne, pues mediante esta se puede intervenir en el metabolismo

del músculo relacionado esto, con los niveles de lípidos y glucógeno ingerido (Paradi et al., 2013). Se ha descubierto que el metabolismo glicolítico (procesos importantes en la conversión de músculo a carne), está involucrado en muchos atributos de la calidad de la carne, como es el pH y contenido de pigmentos. De acuerdo a esto los investigadores han buscado nuevas estrategias alimenticias que modifiquen el proceso de conversión de músculo a carne, para desarrollar con esto una adecuada calidad de carne para el consumidor (England et al., 2013)

En estudios recientes se ha encontrado que las proteínas, el glucógeno y los depósitos de grasas, involucrados en el proceso de conversión de músculo a carne son incrementados con la alimentación y el nivel de insulina, por lo que un alto consumo de energía y de niveles de insulina pueden hacer resistentes al músculo a esta insulina, conllevando a generar un carne menos magra, pues esto genera mayor desarrollo del tejido adiposo, además se ha comprobado que entre mayor es el contenido de lípido intramuscular, se disminuye la calidad del sabor y del color de la carne (Paredi et al., 2013)

La cantidad de alimentación ofertada, afecta las propiedades musculares, los componentes específicos de una dieta regulan la expresión de genes (m-calpaina y calpastatina) que participan en la proteólisis *post-mortem*, contribuyendo con la terneza de la carne. Recientemente también se ha venido utilizando la proteómica, la cual es la ciencia encargada de estudiar las proteínas que expresan un determinado proceso celular, tejidos, órganos y sistemas (Uzcátegui et al., 2009).

Esta técnica se ha usado últimamente en el proceso de conversión de músculo a carne y se han hecho varias investigaciones sobre el efecto de la alimentación animal en la expresión de proteínas involucradas en la conversión del músculo a carne, por ejemplo se ha encontrado que animales en pastoreo presentan más nivel de expresión de proteínas como la troponina, tropomiosina y miosina involucradas en la estructura del músculo, lo que puede llegar a generar diferencias en cuanto a la calidad de carne obtenida (Shibada et al., 2009).

Bibliografía

- Aberle, E., Forrest, J., Gerrad, D., Mills, E. (2001). *Principles of meat science*. 4th Edición, Kendall/Hunt Publishing Company. USA, págs, 354
- Aguilar, C.F. (2012). Producción y calidad de leche y carne en Sistemas Silvopastoriles Intensivos. *Memorias del II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*, México.
- Alberti, P., Sañudo, C., Santaloria, P., Negueruela, I., Olleta, J.L., Mamaqi, E., Campo, M.M., Alvarez, F. (1993). Calidad de la carne de terneros de raza Parda Alpina y Pirena-ica cebados con pienso rico en gluten feed y mandioca. *Producción Animal*, págs.630-632).
- Alves, S., Bess, J.B. (2009). Comparison of two gas-liquid chromatography columns for the analysis of fatty acids in ruminant meat. *Journal of Chromatography*, págs. 5130-5139.
- Andrae, J.G., Duckett, S.K., Hunt, C.W., Pritchard G.T., Owens F.N.(2001). Effects of feeding high-oil corn to beef steers on carcass characteristics and meat quality. *Journal of Animal Science*, 79, 582-588.
- Aramendia, M. (2011). Selección y entrenamiento de un panel de cata para análisis discriminativo de productos cárnicos con recubrimientos antimicrobianos. Universidad Pública de Navarra. Recuperado el 24 de octubre del 2013 en <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/3850/577487.pdf>.
- Arboleda, O.A. (2003). El ganado de doble propósito en Colombia. Centro de Publicaciones Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, págs.354.

- Arruda, S.G., Biscontini, T.M., Costa, R.G., Madruga, M.S., Santa Cruz, S.E., Shuler, A.R. (2002). El perfil de ácidos grasos de la carne de mestizos de caprinos del semiárido del nordeste Brasileño. Recuperado el 22 de junio de 2013 en: <http://www.exopol.com/seoc/docs/jdjtwbjn.pdf>.
- Bacab, H.M., Madera, N.B., Solorio, F.J., Vera, F., Marrufo, D.F. (2013). Los Sistemas Silvopastoriles con *Leucaena leucocephala*: una opción para la ganadería Tropical. *Revista de Investigación y difusión científica agropecuaria*, 17(3), 67-81.
- Barron, G.S., Mora, O.I., Castaño, V.M., Shimada, A.M. (2006). La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos fializados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Técnica Pecuaria en México*, 44(2), 231-240.
- Barton, P.A., Cross, H.R., Jones, J.M., Winger, R.J. (1988). Factors affecting sensory properties of meat. *Meat, milk Sci, Technol* 5, 165.
- Bauchart, D. (1993). Lipid absorption and transport in ruminants. *J. Dairy Sci*, 76, 3864-3881.
- Bauman, D.E., Baumgard, L.H., Corl, B.A., Griinari, J.M. (1999). Biosynthesis of conjugated linoleic acid in ruminants. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. (1-15)
- Bauman, D.E. and Griinari, J.M. (2001). Regulation and nutritional manipulation of milk fat: low-fat milk syndrome. *Livestock Production Science*. 70 (15-29).
- Belitz, H.W y Grash, W. (1985). Química de los alimentos. (págs. 813). Zaragoza. España: Acribia S.A.
- Bell, A.W. (1982). Control of lipid metabolism in ruminants. *Proc. Nutr.Soc. Aus*, 7, 97-104.
- Beriain, M.J y Lizaso, G. (1997). Calidad de la carne de vacuno. En Vacuno de carne: aspectos clave, ed C. Buxadé, págs. 493-510. Mundi Prensa, Madrid.

- Bessa, R.J.B., Santos-Silva, J., Ribeiro, J.M.R., y Portugal, A.V. (2000). Reticulorumen biohydrogenation and the enrichment of ruminant edible products with linoleic acid conjugated isomers. *Livestock Production Science*, 63, 201–211.
- Bessa, R.S.B., Lourenco, M., Portugal, P.V., Santos-silva, S. (2008). Effect of previous diet and duration of soybean oil supplementation on light lambs carcass composition. *Meat Science*, 80, 1100-1105.
- Bianchi, G., Garibotto, G., Franco, J., Ballesteros, F., Feed, O., Betancur, O. (2008). Calidad de carne ovina: impacto de decisiones tomadas a lo largo de la cadena. *Udelar*, Uruguay, págs. 1-39.
- Bidner, T.D., Schuppa, R., Mohamada, A.B., Rumore, N.C., Montgomery, R.E., Bagley, C.P., Maxmillin, K.W., (1986). Acceptability of beef from Angus-Hereford-Brahm steers finished on all-forage or high-energy diet. *J. Anim. Sci.*, 62, 381-387.
- Boatright, K. M., ySalvesen, G. S. (2003). Mechanisms of caspase activation. *Current Opinion in Cell Biology*, 15, 725–731.
- Boleman, S.J., Boleman, S.L., Miller, R.K., Taylor, J.F., Cross, H.R., Wheeler, T.L., et al. (1997). Consumer evaluation on beef of known categories of terderness. *J of Anim Scie*, 75, 1521.
- Borton, R.J., Loerch, S.C., McClure, K.E., Wulf, D.M. (2005). Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on Ryegrass to traditional or heavy slaughter weights.I. production, carcass and organoleptics characteristics. *J of Anim Scien*, 83, 679-685.
- Buxede, C. (1991). Comercialización de la carne de cerdo. *Jornadas científicas sobre calidad y tecnología de la carne de porcino*. SEPOR. Lorca, España.

- Cabeza, M., Vilchis, F., Lemus, A.E., Diaz de León, L., Pérez, G. (1995). Molecular interactions of levonorgestrel and its 5-alpha reduced derivative with androgen receptor in hamster flanking organs steroids. *J. Cogn. Neurosci.* 60, 630-635.
- Cáceres, M.E. (2010). Comparación de las características organolépticas y fisicoquímicas de la carne bovina para consumo fresco en la zona céntrica de la ciudad de Taldil. Tesis de pregrado para el título de Licenciatura en ciencia y tecnología de alimentos. Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, pág. 49-64.
- Camacho, O. (2011). El consumidor del 2020. Deloitte Touche Tohmatsu Limited, Roma, Italia.
- Campo, M.M.; Sanudo, C.; Panea, B.; Alberti, P.; Santolaria, P. 1999. Breed type and ageing time effects on sensory characteristics of beef strip loin steaks. *Meat Science* 51 (4): 383-390.
- Cañeque, V y Sañudo, C. (2000). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. (INIA), págs. 458.
- Carvajal, S.G. (2001). Valor nutricional de la carne de: Res, Cerdo y pollo. Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA). Costa Rica, págs. 4-51.
- Casasola, F., Ibrahim, M., Sepúlveda, C., Ríos, N., Tobar, D. (2008). Implementación de sistemas silvopastoriles y el pago de servicios ambientales en Esparza, Costa Rica: Una herramienta para la adopción al cambio climático en fincas ganaderas. *Buenas prácticas agrícolas para la adopción al cambio climático*, 9(3), 169-188
- Castañeda, R.D., Pañuela, L.M. (2010). Ácidos grasos en la carne bovina: confinamiento Vs. Pastoreo. Recuperado el 28 de enero del 2014 en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/122-acidos_grasos.pdf.

- Chacón, A. (2004). La suavidad de la carne: Implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial. *Universidad de Costa Rica* 15 (002), 225-243.
- Chilliard, Y y Ferlay, A. (2004). Dietary lipids and forages interactions on cow and goat milk fatty acid composition and sensory properties. *Reproduction Nutrition Development*, 44, 467-492.
- Christie, W.W. (1989a). Fatty acids and lipids: structures, extration and fractionation into clases. En *Gas chromatography and lipids*. Scotland: Recuperado. 23 de julio del 2013 en: http://lipidlibrary.aocs.org/gc_lipid/gc_lip.html.
- Christie, W.W. (1989b). Gas Chromatrography: Theoretical aspects and instrumentation. En *Gas chromatography and lipids*. Scotland: Recuperado el 23 de julio del 2013 en: http://lipidlibrary.aocs.org/gc_lipid/gc_lip.html.
- CIATA. (1998). Análisis de la calidad de la carne. Calidad de carne vacuno. Calidad nutritiva y organoléptica. Métodos analíticos, instrumentales y químicos. Aplicación del análisis de calidad. *Tecnología Agroalimentaria*, págs. 43-44.
- Cole, D y Lawrie, R. (1975). Meat: Proceedings of the twenty first easter school in agricultural science. Ed, Butterworth-Heinemann, págs, 596.
- Coma, J y Piquer, J. (2000). Calidad de carne en Porcinos: Efecto de la Nutrición. XV curso de Especialización Avances en Nutrición y alimentación animal. Recuperado el 22 de mayo 2014 en <http://www.uco.es/servicios/nirs/fedna/capitulos/99CAP8.pdf.html>.
- Córdoba, C.P., Naranjo, J.F., Cuartas, C. (2010). Productividad vegetal y animal bajo sistemas de pastoreo, tradicional y sistemas silvopastoriles en el Caribe seco colombiano. Fundación, Centro para la investigación en sistemas sostenibles de producción agropecuaria. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Recuperado el 28 de septiembre del 2014 en <http://www.cipav.org.co/pdf/red%20de%20agroforesteria/seminarios%20y%20congreso/panama2010/juan.fdo.naranjo.pdf>.

- Corral, G., Rodríguez, M.E., Solorio, B., Alarcón, A.D., Grado, J.A., Rodríguez, C., Cortés, L., Segovia, V.E., Solorio, F.J. (2012). Calidad de la carne de bovinos engordados en un sistema silvopastoril intensivo en dos épocas del año. Memoria del IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. México, págs. 113-122.
- Crouse, J.D., Cross, H.R., Seideman, S.C. (1984). Effects of a grass or grain diet on the quality of three beef muscles. *J. Anim. Sci.*, 58 (3), 619-625.
- De Blas, C. (2004). XX Curso de Especialización FEDNA. Departamento de Producción Animal, Universidad Politécnica de Madrid, Barcelona, España.
- Demeyer, D.I y Henderichx, H.K. (1967). The effect of C18 unsaturated fatty acids on methane production in vitro by mixed rumen bacteria. *Biochimica et Biophysica Acta*. 137, 487-97.
- Depreti, G. (2000). Calidad de carne vacuna. Recuperado el 25 de mayo del 2013 en http://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/12-calidad_de_la_carne_vacuna.pdf.
- Depretis, G, Santini, F. (2005). Calidad de carne asociada al sistema de producción. INTA, Base experimental Balcarce.
- Díaz, M.T. (2001). Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Tesis Doctoral. Madrid. Universidad Complutense de Madrid., págs. 306.
- Doreau, M., Ferlay, A. (1995). Effect of dietary lipids on nitrogen metabolism in the rumen: a review. *Livestock Production Science*, 43, 97-110.
- Dransfield, E., Nute, G. R., Francombe, M.A. (1984). Comparison of the eating quality of hill and steer beef. *Animal Products*, 39, 37-50.
- Driessen, B y Geers, R. (2000). Stress during transport and quality of pork. A European View. 1st conference virtual internacional sobre Qualidade de Carne Suina.

- Earnshaw, W. C., Martins, L. M., y Kaufmann, S. H. (1999). Mammalian caspases: Structure, activation, substrates, and functions during apoptosis. *Annual Review of Biochemistry*, 68, 383–424.
- Eguinoa, P., Labairu, J., Granada, A. (2006). Calidad de la canal porcina. Efecto de la genética paterna. *Revista Navarra Agraria*, págs. 61.
- Ekiz, B., Yilmaz, A., Ozcan, M., Kocak, O. (2011). Effect of production system on carcass measurements and meat quality of Kivircik lambs. *J. Meat Science*, 90, 465-471.
- Elmore, J. S., Mottram, D. S., Enser, M., & Wood, J. D. (1997). Novel thiazoles and 3-thiazolines in cooked beef aroma. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 3603–3607.
- England, E.M., Scheffler, T.L., Kasten, S.C., Mataineh, S.K., Gerrard, D.E. (2013). Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. *J. Meat, Science*, 95(4), 837-843.
- Enser, M. (1984). The chemistry, biochemistry and nutritional importance of animal fats. In J. Wiseman (Ed.), *Fats in animal nutrition* (pp. 23–51). London: Butterworths.
- Esdale, C., y Middleton, C. (1997). Top animal production from leucaena. *LEUCNET News*. 4, 9-10.
- Espejo, M., García, S., López, M.M., Izquierdo, M., Costela A. (1998). The influence of genotype and feeding system in meat quality parameters of pure Tetinto, Charolais x Retinto and Limusin x Retinto male calves. *Proc. 44th ICOMST*, págs. 302-303.
- Espinal, C. F., Martínez, H. J., Acevedo, X. (2005). La cadena de la carne bovina en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio de Agrocadenas Colombia. Documento de trabajo N° 73. pág 5

Esquivel, O. (1994). Visual evaluations, cooking characteristics and tenderness profiles of ten muscles from *Bos indicus* and *Bos taurus* cattle. *Food Science*, págs 212.

Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN). (2006). Plan estratégico de la ganadería colombiana, 2019. Recuperado el 25 de agosto del 2014 en <http://www.es.slideshare.net/Airena/pega-2019>.

Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN), Promoción de turismo, inversión y exportaciones (PROEXPORT COLOMBIA). (2010). Sector cárnico en Colombia. Recuperado el 18 de febrero del 2014 en http://www.batshaft-Kolumbien.de/descargas_proexport/berlin_2011/espa%C3%B1ol/inversi%C3%B3n/agroindustria/perfil_c%C3%A1rnico.pdf

Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN). (2012). La ganadería colombiana y la cadena láctea y cárnica. Recuperado el 25 de septiembre del 2014 en <http://www.portal.fedegan.org.co/ps/portal/docs/PAGE/PORTAL/ESTADISTICAS1/CIFRAS%29DE%20REFERENCIA>.

Federación Nacional de Ganaderos (FEDEGAN), Fondo Nacional del Ganado (FNG). (2013). Análisis del inventario ganadero colombiano. Comportamiento y variables explicativas. Recuperado el 20 de junio del 2014 en <http://www.es.slide.net/fedegan/documento-inventario-ganadero>.

Fennema, D.R. (1996). *Food chemistry*. 3th Ed. Marcel Dekker Inc, New York, págs 568.

Ferreira de Castro, F. (1999). Gordura da carne bovina e salud humana. I Parte. *Pecuaria de Corte*. 13(4), 146-150.

Fidzianska, A., Kaminska, A., Glinka, Z. (1991). Muscle cell death. Ultrastructural differences between muscle cell necrosis and apoptosis. *Neuropatología Polska*, 29, 19-28.

- Fishell, V.K., Aberle, E.D., Judge, M.Dy Perry, T.W. (1985). Palatability and muscle properties of beef as influenced by preslaughter growth rate.*J. Anim. Sci.* 61(1): 1-9.
- Fondo de Poblaciones de las Naciones Unidas (UNFPA). (2011). Estado de población mundial 2011. New York, Estados Unidos.
- Franco, J., Feed, O., Bianchi, G., Garibotto, G., Ballesteros, F., Nan, F., Percovich, M., Piriz, M., Betancur, O. (2008). Parámetros de calidad de carne en cinco músculos de novillos Holando durante la maduración post-mortem. I Calidad intrumental.*Agrociencias*, 12(1), 61-68
- Fraser, A.F., Broom, P.M. (1990). Farm animal behavior and neufare, 3ra edición, Bailliere Tindall, Londres, págs 150.
- Frisby, J., Raftery, D., Kerry, J.P., Diamond, D. (2005). Development of an autonomous, wireless pH and temperature sensing system for monitoring pig meat quality.*Meat Science*, 329-336.
- Gago, L., García, E., Andrés, J.B. (2008). Informe de vigilancia tecnológica sobre optimización de la presencia de compuestos funcionales en carne bovino mediante estrategias basadas en la alimentación. Fedecarne. Recuperado el 18 de junio del 2013 en http://www.google.com.co/#sclient=psy-ab&q=Fedecarnes+cabezas&oq=Fedecarnes+cabezas&gs_l=serp.3 pp 1-62.
- Giacopani, M.I. (2007). Efecto de los ácidos grasos trans sobre las lipoproteínas del plasma. Recuperado el 6 de junio del 2013 en <http://www.scielo.or.ve/pdf/avft/v27n1/atro5.pdf>.
- Givens, D.I., Gibbs, R.A. (2006). Very long chain n-3 polyunsaturated fatty acids in the food chain in the UK and the potential of animal derived foods to increase intake. Review Paper. *British Journal of Nutrition, Bulletin 31*, 104-110.
- Givens, D.i., Liem, K.E., Gibbs, R.A. (2006). The role of meat as a source of n-e polyunsaturated fatty acids in human diet.*J, Meat Science*, 81, 738-744.

- Gómez, A. (2011). Influencia en la calidad de un producto cremagenado de coliflor tras la aplicación de diferentes sistemas de agotación durante el proceso térmico. Tesis de Maestría. Universidad Pública de Navarra. Navarra, España, págs. 308.
- Gregory, G. G. y Grandin, T. 1998. Post-mortem Muscle Metabolism and Meat Quality. Pág 108-122, en: *Animal Welfare and Meat Science*. Ed, Cab Intl, págs. 304.
- Harfoot, C.G., Hazlewood, G.P. (1988). Lipid metabolism in the rumen. En Hobson N (Ed.) *The Rumen Microbial Ecosystem*. Elsevier. London, UK. págs. 285-322.
- Harris, P.V., Shorthose, W.R. (1988). Meat texture, en: *Developments in meat science. Advance in meat research*. Ed, Lawrie, R.A Elsevier Applied, London y New York, págs 245-296.
- Hernández, J., Ríos, F.G. (2009). Efecto de los grupos raciales bovinas en las características de calidad de la carne. *Nacameh* 3(1), 1-20.
- Huertas, N.O., Cross, H.R., Lunt, D.K., Pelton, L.S., Savell, J.W., Smith, S.B. (1991). Growth carcass traits and fatty acid profiles of adipose tissue from steers fed whole cottonseed. *J, Anim, Science*, 69, 3665-3672.
- Huerta, N., Cross, H., Savell, J., Lunt, D., Baker, J., Pelton, L., Smith, S.A. (1993). Comparison of the Fatty acid composition of subcutaneous adipose tissue from mature Brahman and Hereford cows. *Journal of Animal Science*. 71: 625-630.
- Huertas, N., y Ríos, G. (1993). La castración a diferentes estadios de crecimiento II. Efectos sobre las características de la canal. *Rev. Fac. Agr. Luz*, 10, págs 163.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. (2006). Sistemas silvopastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica del paisaje ganadero. Memorias. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. EEPF «Indio Hatuey». Matanzas, Cuba. [cd-rom]

- Institut Technique Du Porc (ITP). (1997). Manual del porcicultor, Ed Acribia, S.A, Zaragoza, España.
- Irrizary, H. (2008). Cloruro de calcio y su efecto sobre atributos de calidad de la carne de toretes Holstein y Brahman. Tesis de Maestría, Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, págs. 224.
- Jacobs, J., Field, R., Botkin, M., Kaltenbach, C., Riley, M. (1972). Effects of testosterone enanthate on lamb carcass composition and quality. *J Anim Science*, 4(1), 30
- Judge, M.D., Aberle, E.D., Forrest, J.C., Hedrick, H.B., Merkel, R.A. (1989). Principles of meat science. Second edition. Kendall & Hunt Pub. Co. Dubuque, Iowa, págs. 271.
- Kadim, I.T., Mahgoub, O., Al-Marzooqi, W., Al-Zadjali, S., Annamalai, K., Monsour, M.H. (2006). Effect of age on composition and quality of muscle *Longissimus thoracis* of the Omani Arabian camel (*Camelus diomedaries*). *Meat Science*, 80, 555-569.
- Keane, G. (1981). Carcass growth and composition en: Cattle production seminar. Grange Research Station. An Foras Taluntais, Dublin, paper 15.
- Kenelly, J.J. (1996). The fatty acid composition of milk fat as influenced by feeding oilseeds. *Animal Feed Science and Technology*, 60, 137-152.
- Koohmaraie, M. (1994). Muscle proteinases and meat aging. *Meat science*. 36(1/2), 93-104.
- Kramer, J.K., Parodi, P.W., Jensen, R.G., Mossoba, M.M., Yurawecz, M.P., Adlof, R.O. (1998). Rumenic acid: A proposed common name for the major conjugated linoleic acid isomer found in natural products. *J. Lipids* 33, 835-840.
- Lafaurie, J.F. (2012). Retos de la globalización en el mercado lácteo. Recuperado el 25 de septiembre del 2014 en: <http://www.fabegan.org/upload/publicaciones/retos>.
- Lapiere, H., Lachance, B., Rolland, J.R., St-laurent, G.J. (1990). Effects of dietary iron concentration on the performance and meat color of grain-fed calves. *Can. J. Anim. Prod.* 45, 415-421.

- Lawrie R.A. 1966. Meat Science. Pergamon Press, Oxford. Págs. 400.
- Lawrie, R.A. (1967). Ciencia de la carne. Ed Acribia, Saragoza, España, págs. 380.
- Lawrie, R.A. (1985). Meat Science, 4ta edición, Pergamon Press, Oxford, Reino Unidos, págs. 44.
- Lee, K., Kritchevsky, D., Pariza, M. (1994). Conjugated linoleic acid and atherosclerosis in rabbits. *J. Atherosclerosis*, 108, 19-25.
- Lee, M.R.F., Tweed, J.K.S., Dewhurst, R.J., Scollan, N.D. (2006). Effect of forage: concentrate ratio on ruminal metabolism and duodenal flow of fatty acids in beef steers. *Anim. Sci.* 82: 31-40.
- Lemus, G. (2008). Análisis de productividad de pastura en sistemas silvopastoriles en fincas ganaderas de doble propósito en Esparza, Costa Rica. Tesis de Maestría, Centro Agronómico Tropical de Investigaciones y Enseñanza CATIE, págs. 25-27.
- Lopes, F.C., Riberio, C.G., Riberio, M.T., ET AL. (2009). Milk fatty acid profile from dairy cows fed increasing levels of soybean oil in diets based on tropical forage. INRA.
- Lourenço, M., Van Ranst, G., Vlaeminck, B., De Smet, S., Fievez, V. (2008). Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant. *Animal Feed Science and Technology*, 145, 418-437.
- Lundesjö, M., Hunt, M.C., Lundström, K. (2011). Effects of pelvic suspension of beef carcasses on quality and physical traits of five muscle from four gender-age groups. *J. MEAT Science*, 90, 528-535.
- MAFRE- CREDISGUROS S.A. (2010). Informe sector cárnico colombiano. Análisis sectorial. Recuperado el 11 de junio del 2014 en <http://www.scribd.com/doc/56290969/informe-sector-carnico-julio2010>.

- Mahecha, L., Gallego, L.A., Peláez, F. J. (2002). Situación actual de la ganadería de carne en Colombia y alternativas para impulsar su competitividad y sostenibilidad, *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 15(2), 213
- Mahecha, L., Murgueitio, M., Angulo, J., Olivera, M., Zapata, A., Cuartas, C., Naranjo, J., Murgueitio, E. (2012). Ceba de bovinos doble propósito pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos. En F.J. Solorio-Sánchez, C. Sánchez-Brito y J. Ku-Vera, eds., *Memorias del IV Congreso Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Morelia, México, Fundación Produce Michoacán, Universidad Autónoma de Yucatán.
- Marriot, N.G., Clauss, J.R. (1994). Meat Tenderness revisited. *Meats Focus International*, 4(9), 372-376.
- Martínez, A., Pérez, L., Pérez, M., Gómez, L. (2010). Digestión de los lípidos en los rumiantes, *INTERCIENCIA*, 35(4), 240-246.
- Martínez, A., Pérez, L., Pérez, M., Gómez, L., Carrión, D. (2010). Metabolismo de los lípidos en los rumiantes. *Revista Electrónica de Veterinaria, REDVET*, 11(8), 1-21.
- Matsura, T., Tagawa, A., Kai, M., Nishida, T., Nakada, J., Ishibe, Y, et al. (2005). The presence of oxidized phosphatidylserine on fasmediated apoptotic cell surface, *Biochimical et Biophysia Acta*, 1936, 181-188
- McDonald, P., Edwards, R.A., Greenhalgh, J.F.D., Morgan, C.A. (2006). *Nutrición Animal*. Acribia. Zaragoza, España, pp 616.
- Mertz, W. (1986). Designing animal and animal products to fit consumer needs. *J, Animal Science*, 62, suppl 1: 55-59.
- Miller, R. (2003). Assessing consumer preferences and attitudes toward meat and meat products, *Br J Feed: Tech especial issue*, 67-80.

- Molina, C.H., Uribe, F. (2002). Experiencias en producción limpia de ganaderías en pastoreo, en: Competitividad en carne y leche. Memorias del III Seminario Internacional, Cooperativa Lechera de Antioquia, COLANTA, Medellín, Colombia, págs. 333-354.
- Morgan, J.B., Wheeler, T.L., Koohmaraie, M., Savell, J.W., Crouse, J.D. (1993). Meat tenderness and calpain proteolytic system in *Longissimus* muscle of young bulls and steers. *J Anim. Sci* 71: 1471 – 1476.
- Mottram, D. S. (1991). Meat. In H. Maarse (Ed.), *Volatile compounds in food and beverages* (pp. 107–177). New York: Marcel Dekker.
- Muñoz, P y Osorio, T. (2009). Evaluación financiera de un sistema de producción de carne en confinamiento. *Revista Soluciones de Postgrado EIA*, 3, 131-143.
- Murgueitio, E., Ibrahim, M. (2004). Ganadería y medio ambiente en América Latina. Recuperado el 28 de septiembre del 2014 en http://www.corpomail.corpoica.org.co/BACFILES/BACDIGITAL/56712/S2D9B404C8710683A34090DGE368DAF003_1.pdf.
- Nishimura, T., Rhue, M.R., Okitani, A., Kato, H. (1998). Relationship between degradation of proteoglycans and weakening of the intramuscular connective tissue during post-mortem aging of beef. *Meat Science*, 42, 251-260.
- Obregón, A.M., Valenzuela, A. (2009). Ácido Linoléico Conjugado (ALC), metabolismo de lípidos y enfermedad cardiovascular. *Rev Chil Nutr.* 36(36), 258-268.
- Oelbermann, M., Ibrahim, M. (2006). The Carbon Quandary: can agroforestry systems sequester enough of it? In Congreso Latinoamericano de agroforestería para la producción pecuaria sostenible (4) y Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción agropecuaria sostenible (3, 2006, Varadero, CU). Memoria. Varadero, CU, EEPF-ICAIGAT-IIF-CATIE-CIPAV.

- O'halloran, J.M., Ferguson, D.M., Perry, D., Gardner, G.E., Johnston, D.J., Pethick, D.W. (1998). Mechanisms of tenderness improvement in tenderstretch beef carcasses. En: Proceeding of the 44th international congress of meat. *Science and Techonoly*, págs. 712-713
- Oliver, M.A., Gispert, M., Diestre, A. (1990).Influencia de la composición del jamón en la calidad de la carne. *Cárnica 2000*, 78, 118-123.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (1994). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2012). El estado mundial de la agricultura y la alimentación, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), (2013). Perspectivas Alimentarias, Italia.
- Ouali, A., Herrera, C., Coulis, G., Becila, S., Boudjellal, A. B., Aubry, L., Sentandreu, M. (2006).Revisiting the conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms. *Meat Science* 74: 44-58.
- Pariza, M.W., Park, Y., Cook, M.E. (2001). The biological active isomers of conjugated linoleic acid. *Progress in Lipid Research*, 40, 283-298.
- Park, Y., Albright, K., Liu, W., Storkson, J., Cook, M., Pariza, M. (1997). Effect of conjugated linoleic acid on body composition in mice. *J. Lipids* 32, 853-858.
- Paredi, G., Raboni, S., Bendixen, E., Almeida, A.M., Mozzarelli, A. (2012).Muscle to meat.Molecular events and technological transformations: The proteomics insight. *Journal of Proteomics*, 75, 4275-4289.
- Paredi, G., Sentandreu, M.A., Mozzarelli, A., Fadda, S., Hollung, K., Martinho, A. (2013). Muscle and meat: New horizons and applications for proteomics on a farm to fork perspective. *Journal of proteomicas* 88, 58.82.

- Parrish, F.C. (1999). Aging of beef. Recuperado el 21 enero 2013. Disponible en: <http://www.beef.org-/8010/beef/librpub/pcrifact/aging.htm>
- Penny, I.F. (1984). Enzimatología de la maduración. *Meat Research Institute, Langford, Bristol, UK*, 5, 148-178
- Pérez, J. (1998). Contribución al estudio objetivo del color en productos cárnicos crudos-curados. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, págs. 256.
- Pérez, O. (2004). Establecimiento de especies forrajeras para la producción bovina en el trópico bajo. Recuperado el 28 de septiembre del 2014 en: <http://www.fincaparaventa.com/pdf/PASTOS%20LLANEROS.pdf>.
- Pérez, B. (2011). Suplementación de raciones para cebo intensivo de terneros con aceites vegetales: Rendimientos productivos, calidad de la canal, de la grasa y de la carne. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España, págs. 339.
- Pethick, D.W., Dunshea, F.R. (1996). The partitioning of fat in farmanimals. *Proc. Nutr. Soc. Aus*, 20, 3-13.
- Pethick, D.W., Warner, R.D., D'souza, D.N. y Dunshea, F.D. (1997). Manipulating Pig Production VI. Ed. Cranwell, P.D. *Australasian Pig Sci. Assoc*, 91-99.
- Piperova, L.S., Sampugna, J., Teter, B.B., Kalscheur, K.F., Yurawecz, M.P., Ku, Y., Morehouse, K.M., Erdman, R.A. (2002). Duodenal and milk trans octadecenoic acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomers indicate that postabsorptive synthesis is the predominant source of cis-9- containing CLA in lactating dairy cows. *J. Nutr.* 132: 1235-1241.
- Pringle, D.T., Williams, S.E., Lamb, B.S., Jonson, D.D., West, R.L. (1997). Carcass characteristics, the calpain proteinase system and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers. *Journal of Animal Science*. 75: 2955-2961.

- Ramos, E.M., Miranda, L.A. (2007). Evaluación de Calidades de carnes, fundamentos y metodologías. Ed, Conselho, Brazil, págs 480-488.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., Dalla Rizza, M., De Mattos, D. (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66, 567-577.
- Renerre, M. (1986). Influence des facteurs biologiques et technologiques sur la couleur de la viande bovine. *Bull. Tech. C.R.Z.V. Theix.I.N.R.A.*, 65, 41-45.
- Renerre, M. (2000). Oxidative processes and myoglobin. In E. Deker, C. Faustman, & C. J. Lopez-Bote (Eds.), *Antioxidants in muscle foods* (pp. 113-133). New York, NY: John Wiley.
- Restrepo, D.A., Arango, C.A., Amezcuita, A., Restrepo, R.A. (2001). Industria de la carne. Universidad Nacional de Colombia, alinco, tecnas, talsa, págs. 76-100
- Revue, F. (1996). Fatty acids full of promise. *J Lipids*, 25(6), págs. 564-569.
- Ríos, N., Jiménez, F., Ibrahim, M., Andrade, H., Sancho, F. (2006). Parámetros hidrológicos y de cobertura vegetal en sistemas de producción ganadera en la zona de recarga de la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica. *Revista Recursos Naturales y Ambiente* 48, 111-117.
- Ripoll, G., Albertí, P., Joy, M. (2011). Influence of Alfalfa grazing-based feeding systems on carcass fat colour and meat quality of light lamb. *J Meat Science*, 90, 457-464.
- Roche, H.M., Noone, E., Nugentand, A., Gibney, J. (2001). Conjugated linoleic acid a novel therapeutic nutrient. *Rev, Reserch Nutrition*, 14, 173-187.
- Roncales, P., Rodes, D., Palacio, J., Santolaria, P., Beltrán, J.A., García, S. (1999). Efecto de la estimulación eléctrica de las canales sobre la calidad de carne de vacuno. *Eurocarnes*, 79, 75-81.

- Rubio, M.S. (1992). Parámetros que definen la calidad de la carne alternativas para su mejora. Universidad de Texas A&M, págs. 1-28.
- Sanhueza, J., Nieto, S., Valenzuela, A. (2002). El ácido linoleico conjugado: un ácido graso con isomería trans con efectos beneficiosos para la salud humana. *A&G 12*, 214-220.
- Santini, F. J., Rearte, D., Grigera, J.M. (2003). Algunos aspectos sobre la calidad de las carnes bovinas asociadas a los sistemas de producción. 1ª Jornada de Actualización Ganadera, Balcarce. INTA, Balcarce, págs 1-7
- Santrich, D. (2006). Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis de maestría. Universidad de Puerto Rico. Puerto Rico, págs 92.
- Sanz, M.R. (1994). La calidad nutritiva de la carne de corderos y cabritos. Estación experimental del Zaidn CSIC. Recuperado el 5 de junio del 2013, en: <http://www.insacan.org/rdacvao/anales/1994/articulos/07-1994.04.pdf>.
- Sañudo, C., Sierra, I., Alcalde, M.J., Rota, A., Osorio, J.C. (1993). Calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros y semipesados de las razas Rasa Aragonesa, Lacaune y Merino Alemán. *ITEA*, 89 A (3),203-214
- Sauvant, D., Meschy, F., Mertens, D. (1999). Les composantes de l'acidose ruminale et les effets acidogènes des rations. *INR. Prod. Anim*, 11, 49-60.
- Scanga, J.A., Belk, K.E., Tatum, J.D., Grandini, T., Smith, G.C. (1998). Factors contributing to the incidence of dark cutting beef. *J. Animal. Sci.* 76, 2040-2047.
- Scharam, J.W., Van Der Hel, W., Henken, A.M., Gorssen, J., Versteegen, M.W.A. (1994). Transport of farm animals: the termal environment. 40th ICoMST, The Hague. Netherlands.

- Shackelford, S.D., Koohmaraie, M., Whipple, G., Wheeler, T.L., Miller, M.F. Crouse, J.D. and Reagan, J.O. (1991). Predictors of beef tenderness: Development and verification. *J. Food Sci*, 55, 1130.
- Serra, X., Gil, M., Gispert, M., Guerrero, L., Oliver, M.A., et al. (2004). Characterization of Young bulls of the Bruna Perineus cattle breed (selected from old Brown swiss) in relation to carcass. *Meat Science*, 66, 425-436.
- Savell, J.W., Smith, G.C., Dutson, T.R., Carpenter, Z.L., Suier, D.A. (1977). Effect of electrical stimulation on palatability of beef, lamb and goat meat. *J. Food Sci*. 42, 702
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), (2000). Sistemas Silvopastoriles, México, págs. 30.
- Shibata, M., Matsumoto, K., Oe, M., Ohnishi, M., Ojima, K., Nakajim, I., et al. (2009). Differential expressions of the skeletal muscle proteome in grazed cattle. *J. Animal, Science*, 87, 2700.
- Sierra, V. (2010). Evaluación post-mortem de parámetros de calidad en carne de vacunos: Efecto de la raza y el gen de la hipertrofia muscular. Tesis Doctoral. Universidad de Oviedo, Uruguay, págs. 345.
- Smith, G.C., Culp, G.C., Carpenter, Z.L. (1978). Post-mortem aging of beef carcasses. *Journal of Food Science*, 43, 823-826.
- Somarriba, E. (1992). Revisiting the past: an essay on the agroforestry definition. *Agroforestry systems*. 19, 233-240.
- Stanley, D.W. (1976). Rheology and texture in food quality. *The Avi Publishing Co., Westport, Connecticut*, 34, págs.67.
- Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., De Haan, C. (2009). La larga sombra del Ganado. Problemas ambientales y opciones. Traducción española de la edición inglesa de la obra "Livestock's Long Shadow", publicada en 2006, págs. 2-21.

- Stone, H., Sidel, J., Oliver, S., Woosley, A. y Singleton, R.C. (1974). Sensory evaluation by quantitative descriptive analysis. *Food Technol*, 27(3), 347- 353.
- Swatland, H.J. (1999). Growth & structure of meat animals. Recuperado el 30 de enero del 2014 en: <http://www.aps.uoguelph.ca/~swatland/gasman.html>.
- Solorio, B.S., Flores, M.X.E. (2011). 1era etapa del proyecto estratégico de prioridad nacional. Editorial Fundación produce Michoacán. Morelia, Mich, págs. 47.
- Teira, G. (2004). Actualidad y perspectivas de un componente principal de la calidad de carnes bovinas: la terneza. *Ciencia, Docencia y Tecnología*, 28, 216-246.
- Teira, G., Pardo, F., Bonato, P., Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas. Aspectos Nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. Facultad de Ciencias de la Alimentación. Universidad Nacional de Entre Ríos (UNER). Argentina, págs. 173-193.
- Temp, C., Parr, T. (2012). Advances in apoptotic mediated proteolysis in meat tenderisation. *Journal Meat Science*, 92, 252-259.
- Thomposon, J.M., Perry, D., Daly, B., Gardner, G.E., Johnston, D.J., Pethick, D.W. (2006). Genetic and environmental effects on the muscle structure response post-mortem. *J Meat Science*, 74, 59-65.
- Tobar, D., Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. (2006). Diversidad de mariposas diurnas en un paisaje agropecuario en la región del Pacífico Central de Costa Rica. In (4) y Simposio obre sistemas silvopastoriles para la producción agropecuaria sostenible (3, 2006, Varadero, CU). Memoria. Varadero, CU. págs. 102.
- Toledo, J. (1994). Livestock productions on pasture: parameters for sustentability, en: Animal agricultura a natural resources in central America. Strategies for sustentability. Proceeding of symposium wokshop, págs. 125-136.

- Troegeler, A., Bret-Bennis, L., Enjalbert, F. (2006). Rates and efficiencies of reactions of ruminal biohydrogenation of linoleic acid according to pH and polyunsaturated fatty acids concentrations. *Reproduction Nutrition Development*, 46, 713-724.
- Urbano, D., Dávila, C., Castro, F. (2008). Producción de pastos y forrajes, base de la alimentación sustentable para los bovinos. *XIV Congreso Iberoamericano de Producción o Industria Animal*, 6, 100-122
- Uzcátegui, S., Jerez, N. (2008). Técnicas moleculares utilizadas en la industria cárnica: Usos y potencialidades. Desarrollo sostenible de la ganadería de doble propósito. Recuperado el 6 de octubre del 2014 en http://www.avpa.ola.ve/libro-desarrollosost/pdf/capitulo_75.pdf.
- Uzcátegui, S., Jerez, N., Zuley, M., Ruiz, A.Z., Avaneda, R., Sulbaran, M.A. (2009). Efecto de la sobrealimentación sobre las características post-mortem de la vinculina y troponina-T en carne de novillos doble propósito. *Rev. Fac. Cienc. Vet*, 50 (2), 229-234.
- Vasquez, R.E., Ballesteros, H.H., Muñoz, C.A. (2007). Factores Asociados con la calidad de la carne I parte: La ternera de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Revista CORPOICA- Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 8(2), 60-65.
- Vásquez, R.E., Albadía, B., Arreaza, L.C., Ballesteros, H.H., Muñoz, C.A. (2007b). Factores asociados con la calidad de la carne II parte: Perfil de ácidos grasos de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y Magdalena Medio. *Rev. Corpoica*, 8(2), 66-73.
- Vercezi, L., Bressan, M.C., Rodrigues, E.C., Alves, M.I., Branquinho, R.J., Pereira, S.P. (2009). Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos ezebuínos terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec*, 38(9), 1841-1846.

- Wheeler, T., Koohmaraie, M., Landsdell, J., Siragusa, G., Miller, M. (1993). Effects of postmortem injection time. Injection level and concentration of calcium chloride on beef quality traits. *Journal of Animal Science*, 72, 965-2974.
- Wood, J.D., Richardson, R.I., Nute, G.R., Fisher, A.V., Campo, M.M., Kasapidou, E., Sheard, P.R., Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66, 21-32.
- Youle, R.J. Y Karbowsky, M. (2005). Mitochondrial fission in apoptosis nature review molecular. *J, Cell Biology*, 6, 657-663.
- Yuan, J. (1996). Evolutionary conservation of a generic pathway of programmed cell death. *Journal of Cellular Biochemistry*, 60, 4-11
- Zimmerman, M. (2007). pH de la carne y factores que lo afectan. En: Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Sañudo Astiz, C. & González. Recuperado el 29 de mayo del 2013 en: http://www.congresocaprino.com.ar/Curriculum/maria_zimmerman.pdt C. A. pp 141-153.
- Zinn, R.A., y Plascencia, A. (1996). Effects of forage level on the comparative feeding value of supplemental fat in growing-finishing diets for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*, 74, 1194-1201.

2.Capítulo 2. Aspectos de la calidad de la carne de novillos cebados en diferentes condiciones de producción en el trópico colombiano

Catalina Montoya Rodríguez^{1*}, Enrique Murgueitio Restrepo², Rolando Barahona

Rosales³

¹Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias, Línea de Nutrición Animal, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

²Director Fundación CIPAV. Medellín.

³Profesor Titular, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Resumen

La calidad de la carne, aunque poco evaluada, ha comenzado a recibir atención en el ámbito productivo, económico y comercial colombiano. Uno de los vacíos actuales de conocimiento es cuál es el impacto del sistema de producción sobre la calidad de carne, la cual es cada vez más importante entre los consumidores. El presente trabajo se realizó para evaluar el comportamiento de algunas características de la calidad de carne en bovinos cebú comercial alimentados tanto en el trópico bajo como en el trópico alto colombiano, manejados en diversas condiciones productivas (sistemas silvopastoriles, pastoreo tradicional, estabulación, pasturas mejoradas y sistemas con y sin suplementación), ubicadas en distintas regiones del país. Se obtuvieron muestras del músculo *Longissimus dorsi*, determinando terneza, color y pH a tres diferentes tiempos post-mortem (7, 14 y 21 días). Además, se realizó un análisis químico en muestras con siete días de maduración. Los resultados se evaluaron usando un diseño de parcelas divididas. Hubo diferencias ($P \leq 0,05$) en pH, terneza y luminosidad cuando se comparó el sistema silvopastoril (SSPQuindío) con la pastura

mejorada (PMQuindío). Igualmente, hubo un efecto significativo del tiempo de maduración ($p=0,004$) sobre las características de terneza, pH, luminosidad y color amarillo de la carne en la mayoría de los sistemas evaluados. Hubo diferencia ($p=0,004$) en el contenido de proteína en la carne al comparar el SSPQuindío con el sistema PMQuindío. Se concluye que el sistema de manejo y el tiempo de maduración influyen sobre la terneza, pH y color de la carne producida, siendo un tiempo de 14 días de maduración un tiempo adecuado para obtener una carne de características aceptables.

Palabras claves: Calidad de carne, color, pH, proteína, sistema de producción, terneza.

Abstract

Meat quality, although little evaluated has begun to receive attention in the Colombian productive, economic and commercial sectors. One current gap in knowledge is what is the impact of the production system on meat quality, a characteristic increasingly important to consumers. The present study was conducted to evaluate the behavior of some quality characteristics in meat of commercial zebu steers fed both in the Colombian lowland and highland tropics and handled under various improved production conditions (silvopastoral systems, traditional grazing, confinement, pasture and systems with and without supplementation). In *Longissimus dorsimuscle* samples tenderness, color and pH were determined at three different post-mortem times (7, 14 and 21 days). In addition, chemical analysis was performed on samples with seven days of maturation. Results were evaluated using a split plot design. There were differences ($P \leq 0.05$) in pH, tenderness and lightness of color when meat from the silvopastoral system (SSPQuindio) was compared with that of improved pastures (IPQuindio). Similarly, there was a significant effect of maturation time ($p = 0.004$) on meat tenderness, pH, lightness of color and yellow color in most of the systems evaluated. There was a difference ($p = 0.004$) in the protein content in meat when comparing with IPQuindio and SSPQuindio systems. We conclude that the management system and the maturation time influence tenderness, pH and color of the meat produced, with a maturation time of 14 days being adequate to obtain acceptable meat characteristics.

Keywords: Color, meat quality, pH, production system, protein, tenderness.

Introduction

Como consecuencia del mayor interés de los consumidores de alimentarse adecuadamente y de la creciente disponibilidad de nuevas tecnologías como los aditivos alimenticios, medicamentos, nuevos ingredientes, subproductos y estrategias productivas (sistemas intensivos, como los silvopastoriles), la calidad de los alimentos ha venido siendo re-definida, habiendo ya en los años noventa ampliado su definición, al relacionarla con aspectos higiénicos; nutricionales, sensoriales y tecnológicos (Nardone y Valfrè 1999)

La calidad sensorial de la carne incluye las características organolépticas; es decir aquellas percibidas por los sentidos, como terneza, color, sabor, jugosidad y olor. Entre estas, la terneza es definida en términos de la dificultad o la facilidad con la que se puede cortar o masticar un trozo de carne, y es una característica que incide en la aceptación que tiene el consumidor final del producto cárnico (Barton et al., 1988).

Las características tecnológicas incluyen la retención de agua y la velocidad de caída del pH. El pH influye en el procesamiento de productos cárnicos, debido a que una caída del pH a cerca del punto isoeléctrico de las proteínas musculares (5,0-5,1), reduce considerablemente su capacidad de retener agua, resultando en carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE por sus siglas en inglés). Si la caída del pH es insuficiente, se genera una carne DFD, es decir, oscura, firme y seca (Braun y Pattacini 2011), generando una descalificación por parte del consumidor.

La carne es una fuente importante de nutrientes esenciales, destacándose su alto valor proteico y su contenido de minerales como hierro, selenio, zinc, fósforo y calcio y vitaminas como la B12, convirtiéndola en un alimento altamente nutritivo (Arenas et al, 2000). Asimismo la carne de cebú presenta contenidos aproximados de 20% de proteína (Arenas et al, 2000). En cuanto a grasa, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, reportó contenidos entre 5,4 y 7,9% para cortes mayoritarios (USDA, 2011), mientras que el Instituto Nacional de Salud Dr. Ricardo Jorge (INSRJ) reportó en el 2006, que el contenido de grasa varía de acuerdo a la edad del animal, siendo 14% para terneros del 19% para animales adultos, con lo que la carne bovina tiene tenores importantes de grasa y en consecuencia, una fuerte influencia en la salud del consumidor. Todas estas características se

relacionan entre sí y son influenciadas por un sinnúmero de factores, denominados por Hofmann (1994) como factores fisiológicos (el sexo, la edad), el manejo (sistema de

Item	Cotové	Quindío
------	--------	---------

producción), alimentación, transporte y proceso de beneficio.

En Colombia, se han venido desarrollando estrategias para aumentar la eficiencia de la producción ganadera, como los sistemas silvopastoriles, sistemas alternativos donde se genera carne similar en sus componentes grasos y en calidad a la carne de bovinos alimentados bajo sistemas orgánico-tradicionales (Barron et al 2006). En Colombia, la calidad de la carne bovina y los factores que la influyen, no han sido profundamente estudiados y se desconoce cuáles son los efectos de los sistemas de producción sobre la carne bovina obtenida. Por tanto, este trabajo se centra en caracterizar el comportamiento de algunos aspectos organolépticos, tecnológicos y nutricionales de la carne de animales producidos bajo diferentes condiciones de producción en Colombia.

2.1 Materiales y Métodos

2.1.1 Sistemas de producción y animales evaluados

Se obtuvieron muestras de ocho condiciones o sistemas de producción ubicados en diferentes regiones del país, tanto en trópico bajo como en trópico alto. Estos sistemas incluyen: En el Centro Experimental Cotové de la Universidad Nacional de Colombia, Santa Fé de Antioquia, se incluyeron dos sistemas, uno silvopastoril (SSP Cotové) y otro en confinamiento (Conf Cotové); en Montenegro, Quindío se evaluó un sistema silvopastoril (SSP Quindío) y una pradera mejorada (PM Quindío); en el departamento de Córdoba se compararon dos sistemas tradicionales, uno en Lórica (TLórica) y otro en Montería (TMontería) y en el trópico alto, en Santa Rosa de Osos, Antioquia, se incluyeron dos sistemas tradicionales uno con suplementación energética (AltoSuple) y el otro sin suplementación (AltoSin). Las características de cada sistema y de los animales manejados se muestran en la tabla 2-1.

	Silvopastoril		Confinamiento		Pastura Mejorada		Ta
Ubicación	Santa Fé de Antioquia		Montenegro- Quindío				
Temperatura	27,3°C		21°C				bla
Altura	625 msnm		1924 msnm				2-
Precipitación anual	1919,6 mm		2251 mm				1.
Clasificación ecológica	Bosque seco tropical		Bosque muy húmedo premontano				Car
Extensión	121,16 Hectáreas		76 hectáreas				act
Pastos Predominantes	Leucaena, estrella y Guinea	Leucaena, Guinea y Matarratón	Leucaena, estrella y Guinea	Estrella y Matarratón			erís tica
Suplementación	No	Melaza con harina de arroz	No	No			s de los
Número de Animales	15	8	8	5			sist em
Sexo	Machos castrados		Machos sin castrar				as y
Raza	Cebú comercial		Cebú comercial				ani
Edad Promedio	3 años		3,5 años				mal
Peso Inicial	305 Kg		380 kg		386 Kg		es
Ganancia diaria de peso	480,744 gr	303,07 gr	597,3 gr	439,59 gr			eva
Duración de ceba	304 días	329,2 días	60 días	30 días			lua
Producción/ha/año	598,67 Kg/ha/año	396,6 Kg/ha/año	885,77 Kg/ha/año	360,49 Kg/ha/año			dos

Abreviaturas: g: gramos; Kg: Kilogramos; ha: Hectáreas; mm: milímetros; msnm: metros sobre el nivel del mar; C°: grados centígrados.

Tabla	Item	Tradicional		Trópico Alto	
		Lorica	Montería	Con Suplemento	Sin Suplemento
2- 1. Car act erís tica s de los sist em as y ani aml es eva lua dos	Ubicación	Lorica	Montería	Santa Rosa de Osos- Antioquia	
	Temperatura	28°C	31°C	13°C	
	Altura	7 msnm	18 msnm	2250 msnm	
	Precipitación anual	1200 mm	1156 mm	2238,9 mm	
	Clasificación ecológica	Bosque seco tropical	Bosque Húmedo premontano	Bosque muy húmedo montano bajo	
	Extensión	300 hectáreas	150 hectáreas	20 hectáreas	
	Pastos Predomianates	Angletón	Angletón	Kkikuyo	
	Suplementación	No	No	Cebo, maíz y melaza; 550 gr/d	No
	Número de Animales	8	14	9	9
	Sexo	Machos sin castrar		Machos castrados	
	Raza	Cebú comercial		<i>Boss tauro*</i>	
	Edad Promedio	4 años	4 años	23,69 meses	24,31 meses
	Peso Inicial	340 Kg	356 Kg	258 Kg	258 Kg
	Ganancia diaria de peso	308 gr	289 gr	647 gr	
	Duración de ceba	354 días	368 días	122 días	
	Producción/ha/año	302,52 Kg/ha/año	293,89 Kg/ha/año	805 Kg/ha/año	

Abreviaturas:kg: Kilogramos; ha: Hectáreas; gr: gramos; d: día. mm: Milímetros; msnm: Metros sobre el nivel del mar, °C: Grados Centígrados

*Alta variabilidad de cruces Raciales: Limosin, Angus, Brahaman, Holstei, Jersey etc...

(con
nti
nuada)

Es importante recalcar que los animales de los sistemas manejados en trópico alto, presentan una amplia composición racial de *Bosstaurus*, por lo que estos sistemas no son comparables con los sistemas de trópico bajo estudiados en este trabajo.

Transporte de los animales evaluados

Se realizaron pesajes periódicos de los animales a fin de identificar, de acuerdo con los criterios del productor, el momento de salida hacia el proceso de beneficio. Una vez los animales fueron seleccionados para sacrificio, se inició un proceso de seguimiento desde la finca monitoreando la forma, duración y distancia del transporte. En la tabla 2-2 se muestran las distancias y el tiempo de duración del transporte de los animales evaluados.

Tabla 2-2. Distancia y tiempo de transporte de los animales evaluados

Sistema	Frigorífico	Distancia desde finca al frigorífico	Tiempo de transporte
Silvopastoril Cotové Confinamiento Cotové	Central Ganadera Medellín	56,9 Km	Dos horas
Silvopastoril Quindío Pastura Mejorada Quindío	Frigocafé	11 Km	45 minutos
Tradicional Lorica Tradicional Montería	Central Ganadera Medellín	465,3 Km 406, 1 Km	7 horas 6 horas
Alto con suplemento Alto sin suplemento	Frigocolanta	Km< 1, sistema en el mismo lugar de beneficio	20 minutos

Abreviaturas: Km: Kilómetros

2.1.3 Seguimiento de animales en beneficio y desposte

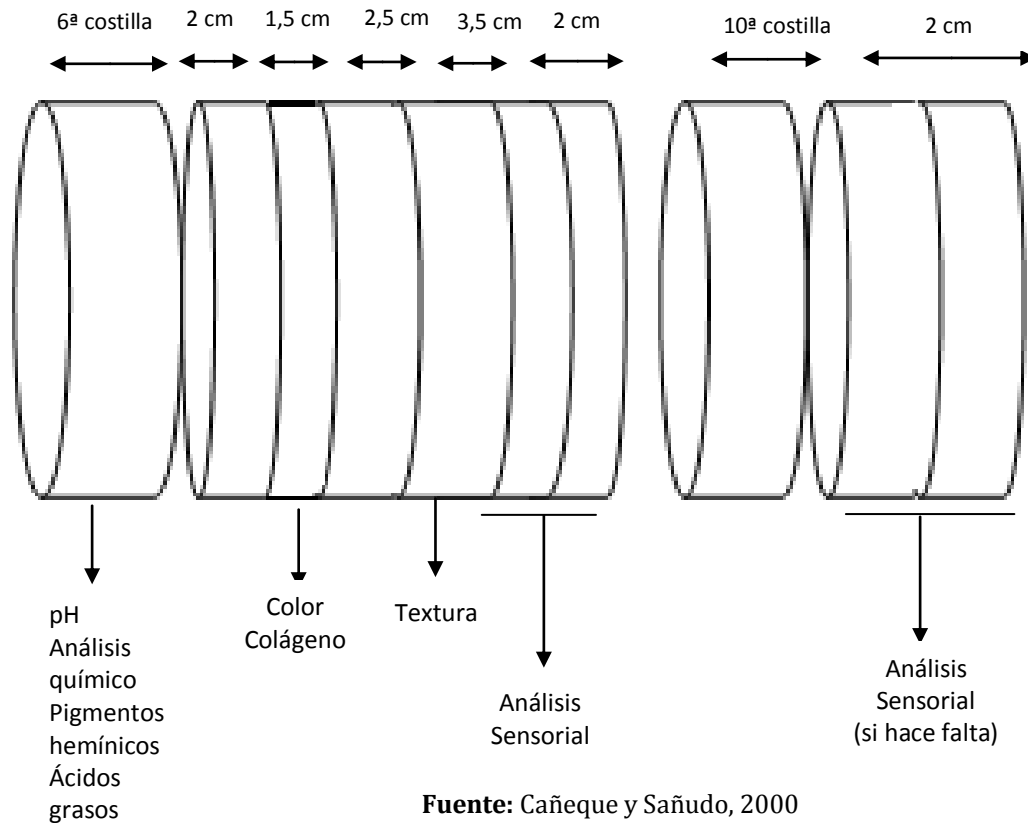
Se realizó un seguimiento de los animales desde los corrales de beneficio hasta obtener los lomos en el desposte respectivo, siguiendo un protocolo de trabajo que variaba de acuerdo a la distribución y línea de producción tanto de la planta de beneficio como en la de desposte. En dicho protocolo se tuvieron en cuenta los puntos críticos en los que era posible perder la trazabilidad de los animales. Estos puntos fueron: pesaje y marcaje en corral de beneficio, orden de beneficio, desoye, decapitación, división de canales, peso de la canal, recibimiento de las canales en el proceso de desposte y el desposte del corte específico a evaluar (lomo ancho, *Longissimus dorsi*).

2.1.4 Fraccionamiento de muestras:

El fraccionamiento de los lomos se realizó en el laboratorio de Productos Cárnicos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, siguiendo la metodología de Cañequé y Sañudo (2000), la cual especifica el sitio de muestreo y el grosor de muestra para cada análisis. Para la evaluación de pH y análisis químico, el fraccionamiento se hizo en la sexta costilla con un diámetro de 2 cm y para la evaluación de color y terneza se obtuvo una porción entre la séptima y novena costilla, con un diámetro de 2,5 cm y de 3,5 cm, respectivamente.

Luego del fraccionamiento, cada porción de carne fue empacada en bolsas al vacío previamente rotuladas con el número del lomo, el tipo de análisis, el sistema de alimentación y el tiempo de maduración (7, 14 y 21 días post-mortem) y las muestras fueron guardadas en una cava de maduración a una temperatura de 4°C, sin iluminación.

Figura 2.1 Metodología del fraccionamiento de muestras



2.1.5. Medición de pH:

Para medir el pH se utilizó un potenciómetro marca Meter CG840B Schott, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras dotado con un electrodo para sólidos. Las lecturas de pH se realizaron insertando el electrodo en diferentes partes del músculo. Cada lectura se realizó en triplicado (Bateman, 1970) y las estimaciones se promediaron para cada muestra.

2.1.6. Medición de color y terneza:

Para la característica del color, Se utilizó un colorímetro de refracción, marca X-RITE Spectrophotometer Stand Model SP64, modo Spex, D150. Se realizó la lectura en tres partes diferentes de la muestra, promediando los resultados. Se utilizó el sistema de color oponente de Hunter, donde L^* mide las tonalidades de blanco (100) hasta negro (0), a^* las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y b^* las de amarillo (+) hasta azul (-), y de estas coordenadas de colorimetría se obtuvieron la cromaticidad (C^*) y el tono (h°) (Rébak et al 2012; Campion 2013).

Para el segundo aspecto organoléptico, la terneza, se estimó mediante la técnica de resistencia al corte utilizando un Warner Bratzler (WB) 3000, siguiendo el siguiente protocolo de Mendes y De Miranda (2007): Se tomó una porción de carne de cada tiempo de maduración, con un grosor de 3,5 cm, la cual se cocinó con calor seco, en plancha, hasta que la muestra obtuvo una temperatura interna de 71°C. Posteriormente de la porción de carne se obtuvieron cinco cilindros de 1,27 cm de grosor, mediante un molde cilíndrico. Dichos cilindros se colocaron bajo la cuchilla de corte perpendicularmente a las fibras musculares de la muestra. El texturómetro utilizado era de la marca TaxT2i Stable Microsystem. Dicho texturómetro fue usado a una velocidad de 20 cm/min ($\sim 3,3$ mm/s), usando la celda de 50 Kg, obteniendo datos en Kg, los que posteriormente se promediaron para cada animal.

2.1.7. Determinación de las características nutricionales de la carne:

Estas se determinaron en el Laboratorio de Bromatología de la Universidad Nacional, sede Medellín. En porciones de carne de 100 g, empacadas al vacío, una por cada animal, se determinó el porcentaje de humedad por el método de termogravimétrico basado en ISO 6496, el porcentaje de proteína siguiendo la metodología Kjeldahl basada en NTC 4657 y el porcentaje de grasa por el método de extracción del Soxhlet.

2.1.8. Análisis Estadístico:

Para evitar confusiones estadísticas, se compararon todas las variables entre los sistemas que se encontraban en la misma ubicación geográfica, a fin de disminuir los efectos de variables como raza, manejo, etc. Así, en Cotové se comparó el sistema silvopastoril versus el

de confinamiento; en Montenegro, Quindío el sistema silvopastoril versus la pastura mejorada; en Córdoba, ambos sistemas tradicionales (Lorica y Montería) y en Santa Rosa de Osos se comparó el sistema con y sin suplementación.

Para las variables evaluadas a diferentes tiempos de maduración (terneza, pH, color), los resultados se evaluaron mediante un diseño estadístico de parcelas divididas utilizando el procedimiento Mixed del paquete estadístico SAS y separando medias por el método de Tukey. Los tratamientos corresponden a cada sistema. El modelo para este diseño es el siguiente:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde,

X_{ijk} = K-ésima repetición del ij-ésimo tratamiento (sistemas)

μ = Media general de la población.

α_i = Efecto del tratamiento (sistema)

ϵ_{ik} = Error entre parcelas grandes (Animales)

β_j = Efecto del tiempo.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Interacción entre sistema con el tiempo.

ϵ_{ijk} = Error entre sub-parcelas (muestras evaluadas)

Para las variables peso al sacrificio, peso en canal caliente y rendimiento de la canal, se realizaron comparaciones de muestras independientes por medio de la prueba t y dichos análisis fueron corridos con el procedimiento GLM del paquete SAS.

2.2 Resultados y discusión.

2.2.1 Transporte de los animales evaluados:

Según la tabla 2-2, los animales con la mayor posibilidad de sufrir estrés ocasionado por transporte fueron los provenientes del departamento de Córdoba, los cuales fueron beneficiados en la Central Ganadera de la ciudad de Medellín, teniendo el transporte de

mayor duración y de más larga distancia (casi 500 km). Según Gallo et al (2001), el tiempo de transporte para bovinos no debe ser mayor a 1000 Km, con lo que el recorrido no debe superar las 24 horas, debido a que tiempos mayores generan pérdidas de peso, aumento del pH y por ende, efectos negativos en color y terneza de la carne.

2.2.2 Proceso de beneficio:

En todos los sistemas de trópico bajo hubo diferencias significativas en el peso al sacrificio ($p \leq 0,05$), como lo muestra la Tabla 3, sugiriendo que tanto el sistema como las decisiones de los productores influyeron en el peso al sacrificio. Comparando contra su control respectivo, los sistemas silvopastoriles produjeron animales con mayores pesos al sacrificio, lo cual concuerda con lo reportado por Hernández et al. (1992) con toros cebú quien en un arreglo silvopastoril basado en *Leucaena leucocephala* con obtuvo 448Kg de peso en 29 meses, mientras que en un sistema tradicional obtuvo un peso al sacrificio de 460 Kg en 60 meses, evidenciándose mayor eficiencia en los arreglos silvopastoriles.

Hubo también diferencias en el peso de la canal caliente, resultado tanto del sistema productivo como de la decisión de productor en cuanto al momento de sacrificio. Las mayores canales se precedían de Montenegro, Quindío y de Córdoba, en correspondencia a la alta relación positiva con el peso al sacrificio, donde a mayor peso vivo, mayor peso de la canal caliente. En lo referente a rendimiento en canal (Tabla 2-3) comparando el arreglo silvopastoril con el confinamiento en Cotové este fue mayor para la estabulación ($P < 0,05$). Los rendimientos en canal de los animales provenientes de los sistemas silvopastoriles tanto de Cotové como del Quindío fueron muy similares y concuerdan con los reportados por Rodríguez et al. (2013), quienes obtuvieron rendimientos de 55% y 56%, para animales cebú comercial. En el presente trabajo hubo un rendimiento de 52% para animales del SSP Cotové y de 56% para los del SSP Quindío (Tabla 2-3).

En el trópico alto (tabla 2-3) no hubo diferencias entre estas variables, por lo que el efecto de la suplementación no afectó el peso al sacrificio, lo que coincide con los resultados de Gallo et al. (2013) quien reportó que la suplementación energética no afectó el peso al sacrificio. Sin embargo, en lo referente al peso de la canal y al rendimiento, Gallo et al (2013) si evidenciaron efectos, donde la canal de los animales suplementados pesó 8,82 Kg más que la

de los animales control. Esto no ocurrió en este estudio, posiblemente debido al componente racial, el cual fue muy diverso y pudo afectar dichas características.

Tabla 2-3. Características de las canales evaluadas

Item	Fincas con componente silvopastoril					
	Cotové			Montenegro, Quindío		
	SSPC n=15	ConfC n=8	Valor p≤0.05	SSPQ n=8	PMQ n=5	Valor p≤0.05
Peso al Beneficio						
Kg	420,37 ^a	380,38 ^b	0,0012	502,06 ^a	458,1 ^b	0,0016
Peso canal caliente						
Kg	209,01	194,66	0,0763	283,13 ^a	259,8 ^b	0,0062
% Rendimiento en canal	52,08 ^b	56,773 ^a	0,041	56,398	56,71	0,679
Item	Fincas sin componente silvopastoril					
	Tradicional			Trópico Alto		
	TL n= 8	TM n=14	Valor p≤0.05	ACS n=9	ASS n=9	Valor p≤0.05
Peso al Beneficio						
Kg	449,10 ^b	462,05 ^a	0,0004	406,78	414	0,754
Peso canal caliente						
Kg	221,46 ^b	227,37 ^a	0,0001	216,83	220,59	0,754
% Rendimiento en canal	49,31	49,85	0,2190	53,30	53,28	0,768

Abreviaturas: SSPC: Silvopastoril Cotové; Conf; Confinamiento Cotové; PMQ: Pastura Mejorada Quindío; TL: Tradicional Lórica-, TM: Tradicional Montería; ACS: Alto con suplemento; ASS: Altosin suplemento.

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey

2.2.3 Características organolépticas y tecnológicas

Es importante aclarar que los animales de los sistemas de Cotové, Quindío y trópico altoestuvieron en cada sistema solo durante la etapa de ceba, lo cual puede afectar los

resultados acá discutidos en respuesta a un efecto residual adquirido durante el período de levante. Así mismo, los animales de los sistemas tradicionales estuvieron toda su vida en ese mismo sistema.

La terneza fue afectada significativamente por la procedencia ($p \leq 0,05$). En los sistemas de Montenegro, Quindío la carne más tierna se obtuvo con los animales de pastura mejorada (Tabla 2-5) y en los sistemas tradicionales de Córdoba, los más tiernos fueron los de Montería (Tabla 2-6). El tiempo de maduración también afectó ($p \leq 0,05$) esta característica en todas las comparaciones realizadas, indicando que con la maduración se mejora la terneza de la carne. López (2009) concluyó que para obtener mejor terneza se debe madurar hasta los 14 días post-mortem, generándose mejoras debido a la actividad proteolítica de diversos mecanismos enzimáticos como las catepsinas, calpaínas, proteosomas y caspas (Kemp et al 2010, citado por Gina et al 2012)

Tabla 2-4. Características de calidad de los sistemas de Cotové

Variable	Silvopastoril Cotové			Confinamiento Cotové			Análisis estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Tto	Tiempo	Tto*
pH	5,52 ^b	5,56 ^b	5,61 ^a	5,52 ^a	5,51 ^{ab}	5,56 ^a	0,22	0,001	0,268
Terneza Kgf	10,80 ^a	9,02 ^b	8,80 ^b	8,42	8,71	7,62	0,10	0,0004	0,012
Luminosidad (L*)	38,81 ^b	40,30 ^a	40,73 ^a	39,17 ^b	39,76 ^{ab}	41,34 ^a	0,95	0,001	0,679
Rojo (a*)	9,27	9,05	8,71	9,19	9,42	8,934	0,55	0,37	0,77
Amarillo (b*)	8,25	8,88	8,73	8,67	8,98	8,81	0,97	0,717	0,898
Saturación (C*)	12,78	12,70	12,38	12,65	13,05	13,05	0,5	0,905	0,636
Tono (h°)	43,30	44,31	45,02	43,27	43,74	44,69	0,64	0,101	0,801

Abreviaturas: Kgf: Kilogramos fuerza

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey ($P < 0,05$)

Hubo una interacción tiempo por sistema en la variable terneza ($p \leq 0,05$) en todos los sistemas de trópico bajo, mientras en el trópico alto no se observó este efecto (Tabla 2-7). No hubo influencia de la suplementación en la terneza de la carne de los animales del trópico alto, lo que contradice los reportes de O'Sullivan et al (2003) que la suplementación

energética a base de granos en la etapa de finalización incrementa las reservas de glucógeno generando una carne más blanda y de mejor calidad, y los de González et al. (2007), quienes también concluyeron que la suplementación energética aumenta la terneza de la carne y mejora su aceptabilidad por parte del consumidor.

En la característica del color se observaron valores óptimos para cada una de las coordenadas de color, donde los valores adecuados de luminosidad (L^*) en carne bovina deben ser superiores a 26. Valores por debajo de esta cifra indican carnes oscuras. Igualmente para la coordenada de color rojo (a^*) los valores no deben ser mayores de 16, pues indican un enrojecimiento inadecuado y para la coordenada de color amarillo (b^*) no deben ser mayores de 10 debido que valores elevados generan una carne amarillenta no deseada. Solo hubo un elevado valor de color amarillo en los sistemas de Quindío y del trópico alto ($b^* > 10$). En esto juega un papel muy importante la cantidad de grasa o a la alimentación (Wulf y Wise 1999).

La luminosidad (L^*) de la carne fue afectada por el sistema ($p \leq 0,05$) en todas las comparaciones realizadas, excepto en la del trópico alto. Los animales del confinamiento (ConfCotové), de la pastura mejorada (PMQuindío) y del sistema tradicional de Montería fueron los de valores de L^* más elevados, indicando carnes más claras (Díaz 2001) (Tablas 2-4, 2-5 y 2-6). A su vez, el tiempo de maduración afectó esta variable en los sistemas del Quindío y en los sistemas tradicionales (Tabla 2-5 y 2-6), mostrando que al aumentar el tiempo de maduración de la carne, la luminosidad también aumentó. Hubo una interacción sistema por tiempo en la comparación de los sistemas tradicionales.

Para la coordenada de color rojo (a^*) solo hubo efecto del tiempo de maduración en la comparación del Quindío y en la de los sistemas tradicionales ($P < 0,05$). Por su parte, en la comparación del trópico alto, tanto el color amarillo (b^*) como la saturación (C^*) fueron afectadas por el tiempo de maduración, aumentando al incrementar dicho tiempo (Tabla 2-7). Hubo una interacción tiempo de maduración por sistema en la comparación de los sistemas del Quindío (Tabla 2-5). El tono no mostró diferencias significativas en ninguna comparación. Se ha reportado que la maduración de la carne es un mecanismo que mejora la calidad de carne, y no es ajeno su efecto al color de la carne. Por ejemplo, Jeremiah et al. (2003) reportó que con la maduración, la luminosidad aumenta mientras que las

coordenadas de color rojo y color amarillo disminuyen, que fue lo que sucedió en este trabajo.

Tabla 2-5. Características de calidad para los sistemas del Quindío

Variable	Silvopastoril (SSPQ)			Pastura Mejorada (PMQ)			Análisis Estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Tto	Tiempo	Tto* Tiempo
pH	*	5,7 ^a	5,63 ^b	5,50 ^a	5,44 ^a	5,29 ^b	< 0,0001	<0,0001	0.055
Terneza Kgf	*	10,11 ^a	5,01 ^b	4,92 ^a	4,94 ^a	2,16 ^b	< 0,0001	<0,0001	0.0035
Luminosidad L*	*	36.82	36.72	38,86 ^b	41,10 ^b	47,93 ^a	< 0,0002	0.00016	0.0107
Rojo a*	*	7,95 ^b	9,49 ^a	8.8	9.07	9.56	0.334	0.025	0.156
Amarillo b*	*	7,7 ^b	11,17 ^a	8,39 ^b	10,91 ^a	10,82 ^a	0.071	0.0012	0.0043
Saturación C*	*	11,08 ^b	14,50 ^a	12,20 ^{ab}	14,21 ^a	14,46 ^a	0.0996	0.0048	0.021
Tono h°	*	43,9 ^b	48,52 ^a	43,76 ^b	50,37 ^a	48,56 ^a	0.072	0.0004	0.0018

Abreviaturas: Kgf: Kilogramos fuerza

a,b,c Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey (P<0,05)

Según Suinaga (2008), los valores de pH que pueden generar carnes pálidas, blandas y exudativas (PSE) son aquellos por debajo de 5,5; mientras las carnes DFD, es decir, oscura firme y exudativa tienen valores de pH por encima de 6.

Los valores óptimos entonces para una carne roja, firme y no exudativa (RFN, carne deseada) deben estar entre 5,5 y 5,8, valores en los que se mueven los resultados obtenidos, indicando que no se presentaron casos de DFD y PSE. Para el pH, tanto en Cotové como en los sistemas del Quindío (Tabla 2-4 y 2-5), hubo diferencias asociadas al sistema y al tiempo, mientras que en la comparación de sistemas tradicionales no hubo diferencias para esta variable (Tabla 2-6). En el trópico alto solo el tiempo de maduración afectó esta variable.

Tabla 2- 6. Características de calidad de los sistemas tradicionales

Variable	Tradicional Lorica			Tradicional Montería			Análisis Estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 21	Día 7	Día 14	Día 21	Tto	Tiempo	Tto* Tiempo
pH	5,57	5,6	5,62	5,55	5,59	5,58	0,58	0,217	0,886
Terneza Kgf	8,66	8,6	9,22	6,51 ^a	5,92 ^a	4,33 ^b	<0,0001	0,053	0,0001
Lumino- sidad L*	37,22	38,82	38,83	38,66 ^b	42,69 ^a	42,6 ^a	0,0026	<0,0001	0,133
Rojo a*	9,57 ^{ab}	10,44 ^a	9,13 ^b	9,01	8,32	8,53	0,033	0,24	0,044
Amarillo b*	8,9 ^{ab}	9,52 ^a	8,41 ^b	8,71	8,89	8,87	0,74	0,186	0,2245
Saturación C*	13,08 ^b	14,16 ^a	12,44 ^b	12,55	12,24	12,36	0,158	0,0159	0,012
Tono h°	43,12	42,52	42,69	44,03	46,91	42,23	0,198	0,1445	0,0899

Abreviaturas:Kgf: Kilogramos fuerza

a,b,c Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey (P<0,05)

Según lo reportado por Hargreaves (2004), la carne de animales alimentados a pasturas tiene un potencial glicolítico bajo, es decir, baja formación de ATP, generando poco ácido láctico y generando valores de pH altos, aunque no fuera de los óptimos. Esto posiblemente ocurrió en este estudio, ya que no hubo una tendencia a disminuir (Tabla 2-6). En este estudio, el tiempo de maduración afectó el pH (Tablas 2-4, 2-5 y 2-7), a diferencia de lo reportado por Chacón (2005) quien no encontró diferencias a los 7 días de maduración.

Tabla 2-7. Características de calidad de los sistemas del trópico Alto

Variable	Con Suplementación		Sin Suplementación		Análisis Estadístico		
	Día 7	Día 14	Día 7	Día 14	Tto	Tiempo	Tto* Tiempo
pH	5,67 ^a	5,54 ^b	5,70 ^a	5,51 ^b	0,946	<0,0001	0,184
Terneza Kgf	7,59	6,46	6,63	5,58	0,187	0,016	0,919
Luminosidad L*	31,3	27,53	32,63	32,15	0,293	0,171	0,285
Rojo a*	11,73	13,41	11,36	11,37	0,104	0,247	0,254
Amarillo b*	11,24 ^b	13,46 ^a	11,23	12,2	0,226	0,0028	0,183
Saturación C*	16,27 ^b	19,01 ^a	15,99	16,72	0,1236	0,0044	0,22
Tono h°	44,04	45,23	44,82	47,37	0,21	0,1134	0,5537

Abreviaturas: Kgf: Kilogramos fuerza

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey (P<0,05)

2.2.4 Características nutricionales.

En lo referente al análisis químico, solo hubo diferencias en la comparación de los sistemas del Quindío para el porcentaje de humedad, proteína y de grasa, siendo mayores los contenidos de proteína y grasa para el arreglo silvopastoril (Tabla 2-8).

Son pocos los estudios del efecto de los sistemas silvopastoriles sobre la composición química de la carne. Sin embargo, se ha reportado que la carne producida en estos sistemas se caracteriza por ser magra (poca cantidad de grasa), poseer altos valores de humedad y ser parecida a la carne orgánica o a la carne producida en un sistema a base de pastos verdes. (Barrón et ál 2006; Huertas-Leindenz et al 1993; French et ál, 2000). Esto coincide con lo obtenido en este trabajo, donde hubo mayor porcentaje de grasa en los sistemas silvopastoriles (SSPQuindío) que en su sistema contraparte, lo cual puede deberse a factores

como el peso y la edad de la animal, pues a medida que el animal aumenta su edad y su peso, se aumenta el almacenamiento de tejido adiposo. El peso al sacrificio de los animales del sistema silvopastoril del Quindío, (Tabla 2-3) fue elevado comparado con el de los animales de la pastura mejorada (PMQuindío), lo que explica el mayor porcentaje de grasa en los animales del arreglo silvopastoril.

Tabla 2-8. Análisis Químico de la carne de los diferentes sistemas evaluados.

Item	Fincas con componente silvopastoril					
	Cotové			Quindío		
	SSPC n= 15	ConfC n= 8	Valor p≤ 0.05	SSPQ n= 8	PMQ n= 5	Valor p≤ 0.05
% Humedad	74,27	73,69	0,121	72,33 ^b	73,94 ^a	0,0027
% Proteína	22,59	22,94	0,310	22,48 ^a	21,41 ^b	0,004
% Grasa	1,18	0,69	0,973	1,96 ^a	1,08 ^b	0,007

Item	Fincas sin componente silvopastoril					
	Tradicional Córdoba			Trópico Alto		
	TL n= 8	TM n= 14	Valor p≤ 0.05	ACS n= 9	ASS n= 9	Valor p≤ 0.05
% Humedad	73,45	74,16	0,633	73,32	73,78	0,301
% Proteína	22,61	22,72	0,406	21,22	21,37	0,575
% Grasa	1,59	1,78	0,695	1,26	1,06	0,601

Abreviaturas:SSPC: Silvopastoril Cotové; ConfC: Confinamiento Cotové; SSPQ: Silvopastoril Quindío; PMQ: Pastura Mejorada Quindío; TL: Tradicional Lórica; TM: Tradicional Montería; ACS: Alto con suplementación; ASS: Alto sin suplementación.

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde a la prueba Tukey

El aumento significativo del porcentaje de proteína en la carne observado en sistemas silvopastoriles del Quindío posiblemente se debe a la alimentación. Las proteínas se ven determinadas por la cantidad y formación de los aminoácidos esenciales que no son sintetizados en el organismo del individuo, sino que se requieren adicionar en el alimento (Carvajal, 2001). Además, la leguminosa *Leucaena leucocephala*, en la cual se basan los arreglos silvopastoriles estudiados en este trabajo, presenta altos contenidos de proteína (Morgüeito et al, 2011), lo que puede contribuir a generar mayores contenidos de proteína en la carne, volviéndola un alimento de alto valor biológico (fuente de proteína). Este efecto puede ser más notable cuando se utilizan esta leguminosa con gramíneas o como banco de

proteína, para mejorar el consumo del forraje y aumentar la concentración de proteína de la dieta (Benítez 2006).

2.3 Implicaciones

El uso de nuevos y estratégicos sistemas de producción en la ganadería de carne, ha generado un giro de pensamiento importante en la utilización de la tierra, en el manejo amigable con el ambiente, en la eficiencia productiva de los sistemas tradicionales y en la producción de alimentos más aceptables por el consumidor y más competitivos en el complejo mercado, lo que ha llevado a profundizar y a investigar sobre temas poco explorados y de bajo interés por los productores colombianos. En esta investigación la caracterización y el aporte de nueva información de los sistemas tradicionales, así como de condiciones alternativas de producción en la calidad de carne, es el aspecto fundamental del presente trabajo, generando un gran avance en temas como manejo de edad de beneficio, trazabilidad de la carne producida involucrando todos los eslabones de la cadena, calidad del producto final frente al imparable crecimiento poblacional, así como mejoras en la calidad de la carne con la implementación de sistemas intensivos que mejoren no solo la productividad del sistema sino que le den un valor agregado a un alimento básico como es la carne.

2.4 Conclusiones y recomendaciones

El sistema de procedencia de los animales influyó la terneza, el pH y el color de la carne producida, como también hubo diferencias en el peso al beneficio, peso en canal caliente y porcentaje de rendimiento en canal. Los sistemas silvopastoriles constituyen una buena alternativa para obtener mejor eficiencia productiva, al reducir la edad al sacrificio o estar asociados con buenos pesos al sacrificio y buenos rendimientos en canal.

Por su parte, el tiempo de maduración afectó aspectos organolépticos de la carne como la terneza y el color (luminosidad y color rojo), de manera que al aumentar el tiempo de maduración estas cualidades mejoraron, siendo recomendable manejar un tiempo de maduración de 14 días para obtener una carne aceptable en terneza y color.

Dado que las cualidades de la carne son afectadas por diversos factores y que en las condiciones del presente trabajo, hubo variabilidad en terneza, color y pH, lo que posiblemente obedeció a diferencias en peso vivo y edad de los animales evaluados, se

recomienda realizar estudios adicionales donde se evalúe la relación entre la edad y peso al beneficio y la calidad de la carne, para seleccionarla edad y peso de sacrificio de los animales a la que se obtengan carnes de adecuada calidad organoléptica.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto "*Análisis comparativo de la Producción de Carne de Novillos Cebú en Sistema Silvopastoril Intensivo o en Confinamiento*" del programa "*Análisis Multifactorial de la Calidad Funcional de la Carne en Búsqueda de un Producto con Valor Agregado*" que permitió la realización de este estudio.

Gran parte del presente estudio también fue realizado dentro del proyecto: "*investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales*" dentro del objetivo "*Efecto de SSP sobre aspectos reproductivos, calidad de leche y calidad de carne*", financiado por COLCIENCIAS y El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, ejecutado por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Los autores agradecen al profesor Diego Restrepo del laboratorio de Productos Cárnicos y al profesor Misael Cortés del laboratorio de Calidad de Alimentos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se realizaron los diferentes análisis. También los autores agradecen al señor Nicolás, propietario de la finca San Diego, por la colaboración recibida durante la ejecución de este proyecto.

Bibliografía

- Arenas, L., Vidal, A., Huertas, D., Navas, Y., Uzcátegui, S., Huerta, N. (2000). Análisis comparativo proximal y de minerales entre carnes de iguana, pollo y res. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 50(2), 409-415
- Barrón, G.S., Mora, O.I, Castaño, V.M, Shimada A.M. (2006). La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentrado de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Tac. Pecu. Mex.* 44 (2), 231-240
- Barton, P.A., H.R. Cross, J.M. Jones yR.J. Winger. 1988. Factors affecting sensoryproperties of meat. *Meat, Milk Sci. Technol.*5, 165.
- Bateman, J.V. (1970). Nutrición Animal. Manual de métodos analíticos. México. D.F. Herreo. págs. 468
- Benitez, C. (2006). LeucaenaLeucocephala, INTA, Recuperado el 13 de junio del 2014 en www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_menejo-pasturas/pasturas-cultivadas-megatermicas/64-leucena.leucocephala.pdf
- Bianchi G; Garibatto, G; Feed, O;Betancur, O. y Franco, J. (2006). Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruzados. *Arch.Med. Vet.* 38 N°2 PP 161-165.
- Braun, R.O., Pattacini, S.H. (2011). Calidad de carne porcina. Evaluación de propiedades tecnológicas de la res en cerdos alimentados con sorgo, termoprocadas en la región semiáridspampanera. *Rev. Fac. Agron*, págs. 1-2
- Campion, D.S. (2013). Calidad de carne porcina según el sistema de producción. Recuperado el 12 de agosto del 2014 en

<http://www.bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis7calidad-carne-porcina-produccion.pdf>

- Cañeque, V., Sañudo, C. (2000). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. 1ra ed. España: editorial, págs. 254.
- Carvajal, S., G. (2001). Valor nutricional de la carne de: Res, Cerdo y pollo. Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA). Costa Rica, págs. 4-51.
- Chacón, A. (2005). Efecto de la maduración, cocción y congelamiento sobre la suavidad, rendimiento y carga microbiana del corte del solomo. *Agronomía Mesoamericana* 16(2), 190-213.
- Díaz, M.T. (2001). Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos. Correlaciones y ecuaciones de predicción. Universidad Complutense de Madrid. págs 1-308
- French, P., Stanton, C., Lawless, F., O'Riordan, E.G., Monahan, F.J., Caffrey, P.J., Moloney, A.P. (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *Journal of Animal Science*. 78, 2849-2855.
- Gallo, G., Espinoza, M.A., Gasic, J. (2001). Efectos del transporte por camión durante 36 horas con y sin período de descanso sobre peso vivo y algunos aspectos de calidad de carne en bovinos. *Arch, med, vet*, 33(1), págs. 10
- Gallo, C., Apoablaza, A., A, Pulido, R.G., Jerez-Timaure, N. (2013). Efectos de una suplementación energética en base de maíz roleado sobre las características de calidad de la canal y la incidencia de corte oscuro en novillos. *Arc. Med. Vet* 45, 237-245.

- Gina, A., Torres, L., Sánchez, I.C., Restrepo, L.P., Albarracín, W. (2012). Estudio de la maduración de carne de corderos empleando electroforesis SDS-PAGE. *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 263-282.
- Gonzalez, R., Vergara, A., Arenas, J., Huertas, L., Leal, N., Pirela, M.F. (2007). Efecto de la suplementación y maduración de carnes al vacío sobre la palatabilidad de *Longissimus* de novillos criollos limoreno cebados a pastoreo. *Revista Científica*, 17(3), 280-287.
- Hargreaves, A., Barrales, L., Larrían, R y Zamoran, L. (2004). Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovinos. *Cien. Inv. Agr.* 31(3), 145-229.
- Hernandez, D., Hernandez, I., Carballo, M. (1992). Los pastos y la carne bovina en condiciones difíciles. *ACPA*. 1, 140.
- Hofmann, K. (1994). Conceptos de calidad de carne y productos cárnicos. *Fleischwirstsch español*. 2, 3-12.
- Huertas, N., y G. Ríos. (1993). La castración a diferentes estadios de crecimiento II. Efectos sobre las características de la canal. *Rev. Fac. Agr. Luz* 10, 163.
- Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (INSRJ). (2006). Tabla de composición de alimentos. Recuperado el 3 de agosto del 2014 en <http://www.insa.pt/sites/insa/tabelaAlimentos>.
- ISO. 6496. 1999. Alimento para animales. Determinación del contenido de humedad y otras materias volátiles. Método termogravimétrico por secado 105°C. The international Organization for Standardization. ISO.
- Jeremiah, L.E y Gibson, L.L. (2003). The effects of postmortem product handling and aging times on beef palatability. *Food Research International* 36, 929-941

-
- Kemp, C.M., Sensky, P.L., Boardsley, R.G., Buttery, P.J., Parr, T. (2010).Tenderness-
Aenzymaticview. *MeatScience* 84(2), 248-256.
- López, I. (2009). Efecto del tiempo de maduración y edad cronológica sobre carácterísticas
organolépticas de carne de res de Puerto Rico. Tesis de posgrado. Universidad de
Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez.
- Mendez, E., De Miranda, L.A. (2007). Evaluación de Calidades de carnes, fundamentos y
metodologías. Editorial Conselho, Brazil, págs.480-488.
- Nardone, A.y Valfrè F. (1999).Effects of changing production methods on quality of meat,
milk and eggs.*Livest. Prod. Sci.*, 59(2-3), 165.
- NTC 4657. 1999. Alimento para animales. Determinación del contenido de nitrógeno y
cálculo del contenido de proteína cruda. Método Kjeldahl. Instituto Colombiano de
Normas Técnicas y Certificación, ICONTEC.
- O´ Sullivan, A., Galvín, K., Moloney, A.P., Troy D.J.,O´sullivan, K y Kerry, J.P. (2003) .Effect of
pre-slaughter rations of forage and /or concentrate on the compositions and quality
of retail packaged beff. *MeatScience* 63, 279-286.
- Rébak, G.I., Ynsaurralde, A.E., Capellari, A., Prester, N., Vásquez, L. (2012). Calidad de carne de
novillos 3/8 Braford producidos en Chaco, Argentina. *Rev, Vet*, 23(2), 95-99.
- Rodríguez, M.E., Corral, G., Solorio, B., Alarcón, A.D., Grado, J.A., Rodríguez, C., Cortés, L., et al.
(2013). Calidad de bovinos engordados en un sistema silvopastoril en dos épocas del
año. *Tropical and subtropical Agrosystems*, 16, 235-241.
- Rule, D. C., K.S. Broughton, S. M. Shellito y G. Maiorano. (2002). Comparison of
musclefattyacidprofiles and cholesterol concentrations of bison, beef, elk and
chicken.*Journal of Animal Science*, 80, 1202.

Suinaga, C. (2008). pH y temperature, parámetros determinantes en la calidad de la carne. *Revista de Ciencia y tecnología*, págs. 1-2.

United States Department of Agriculture (USDA).(2011). National Nutrients Datase for Standard Reference.Recuperado el 19 de enero del 2014 en: <http://www.nalusda.gov/fnic/food.comp/search21/04/2013>.

Wulf, M.D y Wise, J.W. (1999). Measuring muscle color on beef carcasses using the L*, a* y b* color space. *Journal of Animal Science*, 77, 2418-2427.

3.Capítulo 3 Contenido de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano.

Catalina Montoya Rodríguez^{1*}, Rolando Barahona Rosales²

¹Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias, Línea de Nutrición Animal, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. ²Profesor Titular, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Resumen:

La carne es tanto un componente principal de la canasta básica familiar como un alimento altamente nutritivo. En la selección de su dieta, los consumidores no solo selección alimentos por su gusto y satisfacción, sino también por sus efectos sobre la nutrición y la salud humana. Una característica importante de la carne es su contenido y composición de ácidos grasos, al tener relación con enfermedades o contribuir a mejorar la salud del ser humano. En Colombia, existe poca información sobre el perfil lípido de la carne bovina, por lo que este trabajo tuvo como objetivo determinar el contenido y la composición de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción. Se obtuvieron lomos (*Longissimusdorsi*) de bovinoscebu provenientes de cuatro sistemas de producción del trópico bajo colombiano: Dos arreglos silvopastoriles (Centro Experimental Cotové, Universidad Nacional de Colombia y Montenegro, Quindío), una pradera mejorada

(Montenegro, Quindío) y un sistema de pastoreo tradicional (Montería, Córdoba). Se extrajo grasa de 64 muestras de carne en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Colombia, en la que se realizó un análisis cuantitativo de ácidos grasos por cromatografía de gases en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Los resultados se evaluaron por medio de un diseño completamente al azar y la separación de medias se realizó por Duncan. Los ácidos grasos principales en la fracción lipídica de las muestras evaluadas fueron el palmítico y el oleico. Hubo diferencias significativas en el contenido de mirístico y palmítico entre el sistema tradicional y la pastura mejorada, siendo ambos mayores en el sistema tradicional. También hubo diferencias en el contenido de ácido linoleico y linolénico, siendo menor en el sistema silvopastoril de Cotové. Hubo diferencias significativas en el contenido de ácidos insaturados, siendo el sistema silvopastoril del Quindío y la pradera mejorada, los de mayor relación de ácidos grasos saturados: insaturados (0,81). La relación linoleico: α -linolénico fue aceptable en casi todos los sistemas, excepto en el tradicional, el cual tuvo una relación muy alta, aunque no hubo diferencias entre sistemas. Se concluye que la composición y cantidad de ácidos grasos se vio influenciada por el sistema de producción, con la carne de los sistemas tradicionales siendo compuesta en su mayoría por grasas saturadas (mirístico, palmítico), mientras que los sistemas silvopastoriles tuvieron mayor presencia de grasas insaturadas como los ácidos oleico, linoleico y linolénico.

Palabras Clave: Carne, cromatografía, grasa, perfil lipídico, sistema de producción.

Abstract

Meat is both a major component of the basic family diet as well as a highly nutritious food. In selecting their diet, consumers not only do it for taste and satisfaction, but also for its effects on human nutrition and health. An important feature of meat is its content and composition of fatty acid, which could be related to diseases or contribute to improved human health. In Colombia, there is little information on the lipid profile of beef, so this study aimed at determining the content and composition of fatty acids in meat from cattle fattened in different production systems. Samples (*Longissimusdorsi*) were obtained from zebu cattle of four Colombian tropical production systems: Two silvopastoral arrangements (Centro Experimental Cotové, National University of Colombia and Montenegro, Quindio), improved

pastures (Montenegro, Quindio) and a traditional grazing system (Monteria, Cordoba). Fat was extracted from 64 meat samples in the laboratory of Analytical Chemistry, in which a quantitative analysis of fatty acids was performed by gas chromatography in the laboratory of Instrumental Analysis, both of the National University of Colombia, Medellín campus. Results were evaluated by a complete randomized design and mean separation was performed by the Duncan test. The main fatty acids in the lipid fraction of the samples tested were palmitic and oleic. There were significant differences in the content of myristic and palmitic between the traditional and the improved pasture systems, with both fatty acids being higher in the traditional system. There were also differences in the content of linoleic and linolenic acid, being lower in the silvopastoral system Cotové. Likewise, there were significant differences in the content of unsaturated acids, with samples from the Quindiosilvopastoral system and the improved pastures showing the highest ratio of saturated fatty acids: unsaturated (0.81). Linoleic relationship: α -linolenic ratio was acceptable in all systems, except in the traditional, which had a very high ratio, although there were no differences between systems. It is concluded that the composition and amount of fatty acids is influenced by the production system, with the meat of traditional systems being composed mostly of saturated fats (myristic, palmitic), while silvopastoral systems had higher presence of unsaturated fatty acids such as oleic, linoleic and linolenic.

Keywords: Chromatography, fat, lipid profile, meat, production system.

Introducción

En los últimos años, los consumidores han venido cambiando sus criterios de selección de alimentos, dándole mayor importancia a los aportes nutricionales y de salud de los alimentos (Hocquette et al., 2012). Entre los consumidores, uno de los criterios de selección es el contenido de grasa de la carne bovina, debido a que esta es considerada como una fuente importante de grasas saturadas, las cuales se asocian con enfermedades cardiovasculares y obesidad, entre otros problemas (Scollan et al., 2006).

En Colombia, a partir del 2007, comenzó a evidenciarse un incremento sustancial en el consumo de carne de pollo, carne considerada como de bajos contenidos de grasa, sobrepasando el consumo per cápita de carne de res. Así, en el año 2012, el consumo per

cápita colombiano de carne de pollo fue de 23,9 Kg, mientras que el de carne de res fue de 20,2 Kg (FENAVI, 2012).

La carne además de ser un alimento altamente proteico, es también fuente importante de grasa, la cual está presente de tres formas: como grasa intramembranal en la forma de fosfolípidos, como grasa intermuscular (IMF) y como grasa subcutánea (Scollan et al., 2006). Además, en la carne existen dos tipos de grasas: las saturadas y las insaturadas. Igualmente, las grasas insaturadas se clasifican como mono-insaturadas o poli-insaturadas. Estas últimas se subdividen a su vez en dos tipos de grasas que no son sintetizadas por el organismo humano y son las grasas omega 3 y omega 6 (Castañeda y Peñuela, 2010).

El perfil lipídico de la carne es influenciado por diversos factores, dentro de los cuales están la dieta y el sistema de producción donde se maneje el animal. Así por ejemplo, French et al. (2000) y García et al. (2008) encontraron que bovinos manejados con pasturas presentan mayores cantidades de los ácidos α -linolénico y el eicosapentanoico, precursores del ácido linoleico conjugado, mientras que animales alimentados en confinamiento presentan mayor proporción de ácidos mono-insaturados. Esto fue también reportado por Bressan et al. (2011).

Los ácidos conjugados son una mezcla de isómeros cuyas dobles enlaces cambian de lugar entre carbonos, en la posición de la cadena o en la forma isomérica “*cis*” o “*trans*”. Los isómeros más investigados del ácido linoleico son: 9-*cis*, 11-*trans*, así como el 10-*trans*, 12-*cis*. En la carne de rumiantes, el 9-*cis*, 11-*trans* es el isómero predominante (Chin et al., 1992).

Son pocos los estudios en los que se ha caracterizado el perfil lipídico de la carne proveniente de sistemas de pastoreo con especies forrajeras tropicales (Lopes et al., 2009). Igualmente, estos estudios son escasos en el ámbito colombiano, desconociéndose cuál es el contenido de ácidos grasos y si estos son afectados por sistemas de producción como los sistemas silvopastoriles, los cuales pueden modificar las propiedades nutricionales y mejorar el marmóreo en la carne (Ku et al., 2014) confiriéndole valor agregado a este alimento. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la cantidad de ácidos en la carne de animales provenientes de varios sistemas de producción en el trópico colombiano.

4.1 Materiales y métodos:

4.1.1 Animales y sistemas de producción:

Se evaluaron cuatro diferentes sistemas de producción: un sistema silvopastoril ubicado en el Centro Experimental Cotové de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín; un sistema silvopastoril en el Quindío, un sistema de pastura mejorada en el Quindío y un sistema de pastoreo tradicional en Montería, Córdoba. En total, se evaluaron 32 animales, machos cebú comercial. En la tabla 3-1 se especifican las características de los sistemas y de los animales evaluados.

3.1.2 Seguimiento de animales, canales y fraccionamiento de muestras

Los animales evaluados tuvieron un seguimiento adecuado en planta de beneficio y en planta de desposte, a fin de asegurar la correcta identificación de las muestras (*Longissimus dorsi*) obtenidas. Dichas muestras se fraccionaron en el laboratorio de Alimentos Cárnicos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, siguiendo la metodología de Cañeque y Sañudo (2000; Figura, 2-1). En breve, se obtuvieron muestras de carne entre 100 y 200 gramos de la sexta costilla, las cuales fueron empacadas al vacío para luego extraer grasa y determinar su contenido de ácidos grasos por cromatografía de gases.

Tabla 3-1 Característica de los sistemas y animales evaluados

Item	Sistemas del Quindío		Otros sistemas	
	SSP Quindío	Pastura Mejorada Quindío	SSP Cotové	Tradicional Montería
Ubicación	Montenegro		Santa Fé de Antioquia	Montería
Temperatura, °C	21		27,3	31
Altura, msnm	1924		625	18
Precipitación anual, mm	2251		1919,6	1156
Clasificación ecológica	Bosque muy húmedo premontano		Bosque seco tropical	Bosque Húmedo premontano
Extensión, ha	76		121,16	150
Pastos Predomianates	Leucaena, estrella y Guinea	Estrella y Matarratón	Leucaena, estrella y Guinea	Angletón
Suplementación	No	No	No	No
Número de Animales	8	5	5	14
Sexo	Machos sin castrar		Machos castrados	Machos sin castrar
Raza	Cebú comercial		Cebú comercial	Cebú comercial
Edad Promedio, años	3,5		3	4
Peso al sacrificio, Kg	502,06	458,10	420,37	462,05
Ganancia diaria de peso, g	597,3	439,59	480,744	289

Abreviaturas: °C: Grados centígrados; msnm: metros sobre el nivel del mar; mm: Milímetros; Kg: Kilogramos; gr: Gramos; ha: hectáreas.

3.1.3 Extracción de grasa

La extracción de grasa a partir de la carne, se hizo de acuerdo a la metodología de Folch et al. (1957), descrita por Rodríguez et al. (1997). Se tomaron muestras de carne, se molieron y se secaron en horno a 60°C durante 24 horas. De esta carne molida y seca se pesaron 8 gramos adicionando 40 ml de una solución 1:1 de cloroformo y metanol. Esta mezcla fue agitada

durante un minuto, y la solución se llevó en ebullición con reflujo durante 20 minutos, controlando la temperatura. Luego se adicionaron otros 20 ml de cloroformo, se agitó durante un minuto y se filtró la solución para eliminar el componente sólido.

La fracción filtrada recibió 20ml de una solución de 1 molar de cloruro de potasio (KCL) y la mezcla se dejó toda la noche en refrigeración a 4°C para permitir la separación de las fases inorgánica y orgánica, siendo esta última la que se utiliza para la determinación y cuantificación de ácidos grasos. Una vez realizada la separación de fases, la fase orgánica fue extraída en un embudo de separación, lo que permitió obtener solo la fase densa de la parte inferior del embudo, que correspondía a la grasa. Esta grasa fue sometida a rotoevaporación a una temperatura de 45°C, para eliminar el cloroformo.

3.1.4 Cuantificación de ácidos grasos:

Se realizó en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. El proceso consta de dos etapas: preparación de ésteres metílicos y cuantificación por cromatografía de gases. La preparación de ésteres metílicos se realizó de acuerdo a la técnica colombiana 4967 (ICONTEC, 2001). El método utilizado fue el del hidróxido de trimetilsulfonio (HTMS), aplicable para análisis de cromatografía gas-líquida, con detector de ionización de llama (CG-FID), el cual se usa en todo tipo de grasas, incluyendo la de la leche. Este método consistió en disolver la muestra en 500 ml de éter metílico t-butilo calentando suavemente. Luego se agregaron 250 ml de solución HTMS y agitando vigorosamente durante 30 segundos. La solución obtenida se inyectó en el cromatógrafo de gases.

La última fase de la cuantificación de ácidos grasos se basó en el método NTC 5013 (ICONTEC, 2001) para grasas y aceites vegetales y animales. Se obtuvo una curva de calibración inyectando una mezcla de patrones de referencia comercial, marca SIGMA ME10-1KT, compuesta de C10, C12, C14, C16, C18, C18:1, C18:2 y C18:3. El volumen de la muestra inyectado fue de 0,2 a 2ml de la solución de ésteres metílicos preparados de conformidad con la NTC 4967. La temperatura del inyector fue 250 °C.

3.1.5. Análisis Estadístico:

Los resultados se evaluaron mediante un diseño completamente al azar utilizando análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor, tanto para la cantidad como para la composición de ácidos grasos, donde los tratamientos fueron los cuatro sistemas evaluados.

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \epsilon_{ik}$$

Donde,

X_{ijk} = K-ésima repetición del ij-ésimo tratamiento (sistemas)

μ = Media general de la población.

α_i = Efecto del tratamiento (sistema)

ϵ_{ik} = Error entre tratamientos.

En la separación de medias de los sistemas evaluados se usó el método Duncan.

4.2 Resultados y Discusión

3.2.1 Composición de ácidos grasos

Para efectos de este estudio, la composición de ácidos grasos es la presencia de ácidos grasos como porcentaje de la fracción lipídica de la carne. Los ácidos que se encontraron fueron: mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico y α -linolénico, estos dos últimos ácidos poli-insaturados muy importantes en la nutrición humana (McNiven et al., 2011)

Se presentó una gran variabilidad en la composición de ácidos grasos. Enser et al. (1996), caracterizaron la composición lipídica de varias especies de interés zootécnico. En bovinos, estos autores reportaron contenidos de 2,66, 25 y 13,4 g/100gr de ácidos grasos para mirístico, palmítico y esteárico, respectivamente. En el presente estudio, los contenidos estuvieron por encima de esos valores en la carne de la mayoría de los sistemas, siendo el tradicional el que mostró la mayor proporción (Tabla 3-2). Para el linoleico y α -linolénico hubo también mayores concentraciones que las reportadas por Enser et al. (1996), quienes

reportaron contenidos de 2,4 y 0,70 g/100 g de ácidos grasos, respectivamente, con la mayor proporción de estos ácidos ocurriendo en la pastura mejorada y en el sistema silvopastoril del Quindío (Tabla 3-2).

Tabla 3-2. Composición de ácidos grasos en carne

Acido graso g/100 g de ácidos grasos	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
Mirístico (C14)	3,50 ^a	3,13 ^{ab}	2,82 ^b	3,65 ^a	0,0045
Palmítico (C16)	32,04 ^a	29,35 ^b	28,89 ^b	32,62 ^a	7,8 E-06
Esteárico (C18:0)	23,27	22,98	23,56	22,00	0,2444
Oleico (C18:1)	35,92	36,31	33,53	34,63	0,0933
Linoleico (C18:2)	5,03	6,53	8,87	6,12	0,0683
Linolénico (C18:3)	0,53 ^c	1,68 ^{ab}	2,30 ^a	0,96 ^{bc}	5,4E-07

Abreviaturas:g: gramos

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acorde con la prueba Duncan.

Las diferencias mostradas en la tabla 3-2 sugieren que la condición de producción puede afectar el perfil lipídico de la carne de bovinos. Esto fue también reportado por Alfaia et al. (2009) al comparar el perfil lipídico de la carne producida bajo pastoreo de gramíneas con la producida en un sistema de confinamiento, encontrando diferencias no solo en perfil lipídico, sino también en contenido de ácido linoleico conjugado (CLA). Vásquez et al. (2007), no encontraron diferencias en mirístico y palmítico en novillos bajo pastoreo tradicional con Ángleton. Montero et al. (2011), concluyeron que los contenidos de estos ácidos son menores cuando el animal es finalizado con pasturas, lo que ocurrió en este estudio en cuanto al sistema silvopastoril de Cotové y la pradera mejorada. No hubo diferencias en cuanto a composición del ácido esteárico y oleico en ninguno de los sistemas evaluados.

No hubo diferencias en contenido de ácido linoleico, muy distinto a lo reportado por Aldai et al. (2011), quienes observaron que el porcentaje de linoleico en la grasa de animales alimentados con pastura y forrajes fue el segundo más abundante después del oleico. Estos autores concluyeron que el forraje es una importante fuente de este ácido, lo que afecta el contenido de este ácido poli-insaturado en carne, lo que no sucedió en la presente investigación.

El ácido α -linolénico fue el ácido graso que presentó las mayores diferencias significativas entre los sistemas. Hubo diferencia significativa entre el sistema de pradera mejorada Quindío con el sistema tradicional y silvopastoril Cotové, donde la carne de este primer sistema mostró los contenidos más altos. También hubo diferencia en el contenido de este ácido entre los dos sistemas silvopastoriles. Estos resultados pueden estar asociados al consumo de pasto estrella (*C. plectostachium*), una gramínea rica en ácido α -Linolénico (Montero et al., 2011), y que fue uno de los ingredientes básicos tanto del sistema Pradera Mejorada como del Silvopastoril Quindío. Son pocos los estudios que reportan la determinación del perfil lipídico en sistemas silvopastoriles. Sin embargo, Rodríguez et al. (2013) concluyeron que la carne de animales manejados bajo estos sistemas intensivos, adquiere una composición lipídica deseable. En el presente estudio, esto es evidenciado en el contenido de ácido α -linolénico, un ácido poli-insaturado importante no solo porque conlleva beneficios para la salud humana, sino también porque puede ser endógenamente transformado por desaturación a ácidos grasos $n-3$ de cadena larga, los cuales son mucho más beneficiosos para la salud humana (Razminowicz et al., 2008)

3.2.2 Cantidad de Ácidos Grasos evaluados en Carne

La cantidad de ácidos grasos, diferente a la composición de los mismos, se refiere a las concentraciones de estos en una porción determinada de músculo y/o carne. En este estudio, se determinó que dicha porción eran 100 gramos de carne, equivalente al tamaño de la porción normalmente consumida por una persona. Al calcularlo de esta manera, hubo diferencias en todos los ácidos determinados (Tabla 3.3).

Enser et al. (1998) reportaron que las cantidades (g/100 g de carne) de ácidos grasos en bovinos alimentados con pasturas fueron 0,065, 0,042, 0,46, 1,006, 0, 064 y 0,007 para los ácidos mirístico palmítico, esteárico, oleico, el linoleico y α -linolénico, respectivamente. Al comparar estos valores con los encontrados en este estudio, se observa que para casi todos los sistemas evaluados los ácidos estuvieron por debajo de los publicados por estos autores, excepto el ácido palmítico y el linoleico del sistema silvopastoril Quindío. Igualmente sucedió con el ácido α -linolénico en todos los sistemas evaluados. Son muchos los factores que afectan el depósito de grasa en carne, entre ellos la especie, la raza, el tipo de alimentación, así como la clase de pasturas ofrecidas al animal (Wood et al., 2008) y el corte del músculo evaluado (Enser et al., 1998).

Tabla 3-3 Cantidad de grasa en 100 gramos de carne

Cantidad de Ácido graso g/100 g de carne	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
Ácidos grasos totales	0,87 ^{ab}	1,26 ^a	0,66 ^b	1.15 ^a	0,0124
Mirístico (C14)	0,032 ^{ab}	0,040 ^a	0,018 ^b	0,043 ^a	0,0057
Palmítico (C16)	0,28 ^{ab}	0,37 ^a	0,19 ^b	0,38 ^a	0,0080
Esteárico (C18:0)	0,2 ^{ab}	0,29 ^a	0,16 ^b	0,25 ^{ab}	0,0335
Oleico (C18:1)	0,32 ^{ab}	0,46 ^a	0,23 ^b	0,40 ^a	0,0110
Linoleico (C18:2)	0,04 ^b	0,08 ^a	0,05 ^{ab}	0,06 ^{ab}	0,0294
Linolénico (C18:3)	0,01 ^b	0,021 ^a	0,015 ^{ab}	0,009 ^b	0,0070

Abreviaturas:g: gramos

a,b,c Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acordando con la prueba Duncan.

Al comparar entre sistemas, en el sistema silvopastoril Quindío se encontró el mayor contenido de ácidos grasos en carne (1,26 g/100 g de carne, tabla 3-3), pero superior solamente a la pradera mejorada. En el caso del ácido mirístico y el palmítico, hubo mayor contenido ($p < 0,05$) en el sistema tradicional y el silvopastoril Quindío que en la pradera mejorada. Marques (2011) evaluó la cantidad de ácidos grasos en animales manejados en un sistema extensivo tradicional, encontrando que el mirístico y el palmítico son los ácidos predominantes en dicha carne. La cantidad de esteárico y del oleico fue mayor en el silvopastoril Quindío que en la pradera mejorada ($P < 0,05$). En cuanto al ácido Linoleico, únicamente se observó una diferencia entre los dos sistemas silvopastoriles, teniendo la carne del sistema silvopastoril Quindío mayor cantidad de este ácido. Se ha reportado que en bovinos alimentados a base de leguminosas como la Leucaena se pueden obtener carnes con menores cantidades de grasa, es decir que se logran carnes más magras (Pérez et al., 2013)

En lo relacionado con el ácido α -linolénico, la carne del sistema silvopastoril Quindío tuvo mayor cantidad de este ácido que la del sistema tradicional y el silvopastoril Cotové, ($P < 0.05$). Un factor que influye en estas diferencias es que los forrajes presentan una proporción alta, entre 50% a 70% de α -linolénico, lo que afecta la deposición de este ácido en carne (Scollan et al., 2006). Además, según Costa et al. (2002), la cantidad de este ácido poli-insaturado tiende a aumentar en carne cuando los animales son alimentados con pasturas.

3.2.3 Contenido y relación de Ácidos saturados: Insaturados

Los ácidos grasos saturados (AGS) evaluados fueron el ácido mirístico, palmítico y esteárico, mientras los ácidos que conforman la grasa insaturada fueron el oleico, linoleico y α -linolénico (AGI). De estos últimos, el linoleico y el α -linolénico conforman los poli-insaturados (AGPI) (Lopes et al., 2009). Hubo diferencias significativas entre los sistemas en lo referente a ácidos grasos saturados, insaturados y en la relación saturados: insaturados (Tabla 3-4).

Tabla 3-4 Cantidad y relación de ácidos grasos saturados e insaturados en carne de los diferentes sistemas.

Ácido graso g/100 g carne	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P \leq 0,05
Total de AGS	0,52 ^{ab}	0,69 ^a	0,36 ^b	0,67 ^a	0,0146
Total de AGI	0,36 ^b	0,57 ^a	0,29 ^b	0,47 ^{ab}	0,0092
Total AGPI	0,041 ^b	0,10 ^a	0,067 ^{ab}	0,072 ^{ab}	0,0086
Relación AGS:AGI	1,44 ^a	1,25 ^b	1,25 ^b	1,41 ^a	0,0048
Relación AGPI: AGS	0,077 ^b	0,15 ^{ab}	0,19 ^a	0,11 ^b	0,0101

Abreviaturas: g: gramos

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acordando con la prueba Duncan.

Hubo menor cantidad de ácidos grasos saturados (AGS) en la pastura mejorada comparada con el silvopastoril Quindío y tradicional (P < 0,05). Además, la carne del sistema Silvopastoril Quindío tuvo mayores contenidos de ácidos grasos insaturados que la de la pradera Mejorada y el Silvopastoril Cotové (P < 0,05). Es entonces probable que esta alternativa de producción intensiva pueda generar carne que contribuya a la salud humana, pero deben realizarse más estudios para corroborar las condiciones específicas donde esto sucede.

En cuanto a la relación entre ácidos grasos insaturados y ácidos grasos saturados, se presentaron diferencias importantes entre el sistema silvopastoril Cotové con el silvopastoril del Quindío y la pradera mejorada, igualmente entre el tradicional con el silvopastoril del Quindío y la pradera mejorada mostrando el silvopastoril del Quindío la mayor relación entre estos ácidos (1,43/100gr de carne, $P \leq 0,05$). Uzcátegui et al. (1999) encontraron para carne bovina relaciones de AGS:AGI de 1,79g/100gr de carne, pero se debe tener en cuenta que los valores varían con lo reportado debido a que no se evaluaron todos los ácidos grasos saturados e insaturados que estudiaron estos autores.

En la cantidad de ácidos grasos poli-insaturados hubo diferencia entre los dos sistemas silvopastoriles, con la carne del silvopastoril del Quindío mostrando mayor contenido de ácidos poli-insaturados. Se ha demostrado que las cantidades de estos ácidos son altos en la carne de animales manejados a base de forrajes, al ser estos alimentos una fuente importante de ácidos poli-insaturados (Realini et al., 2004; Warren et al., 2008;). Es importante entender los factores a los que debieron estos cambios, debido a que los ácidos poli-insaturados podrían contribuir a prevenir enfermedades cardiovasculares y el cáncer (Kolanowski y Laufenberg, 2006).

Otros autores han afirmado que existen también diferencias en cuanto a cantidades de estos ácidos en carne si a los animales se finalizan con pasturas frescas o si se les ofrecen ensilaje, incrementándose la cantidad de dichos ácidos con pasturas frescas debido a que los ácidos grasos de los forrajes verdes son más protegidos por las paredes celulares de la biohidrogenación que los ácidos del ensilaje (Fredriksson et al., 2007).

Hubo diferencias significativas en la relación ácidos poli-insaturados y ácidos grasos saturados, siendo la pradera mejorada el sistema con el mayor valor para esta relación. Este valor es bajo, pues se ha concluido que dicha relación debe ser incrementada por encima de 0,4. Normalmente, en carne bovina esta relación es de 0,1, con lo que aumentarla sería fundamental para obtener un óptimo equilibrio de ácidos poli-insaturados y saturados en la dieta humana (Wood et al., 2003). Así, a pesar que los resultados encontrados en los diferentes sistemas son bajos, en algunos sistemas como la pradera mejorada y el silvopastoril Quindío, dichos valores son un poco más altos que lo normalmente encontrado (0,1).

3.2.4 Cantidad y relación Linoleico: Linolénico

Tanto para la cantidad de ácido linoleico como la de ácido α -Linolénico, hubo diferencias. Para el primero, hubo diferencias entre los dos sistemas silvopastoriles. Para el segundo, el Silvopastoril Quindío se diferenció significativamente del Tradicional y el Silvopastoril Cotové. No se presentaron diferencias significativas entre la relación linoleico: linolénico. El sistema con mayor relación fue el sistema tradicional. Vercezi et al. (2009), encontraron una relación de 5,7 y se puede ver en el presente estudios que los valores estuvieron entre 3,6 y 7,9. Dichos autores concluyeron que esta relación se ve afectada por la raza, siendo mayores los valores para animales *Boss Indicus* cuando se comparan con el *Boss Taurus*

Tabla 3-5 Relación ácido linoleico: α -linolénico en carne

Acido graso g/100 gr carne	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	p \leq 0,05
Linoleico	0,040 ^b	0,082 ^a	0,052 ^{ab}	0,063 ^{ab}	0,0294
Linolénico	0,011 ^b	0,021 ^a	0,014 ^{ab}	0,008 ^b	0,007
Linoleico: Linolénico	3,63	3,90	3,71	7,88	0,4936

Abreviaturas: g: gramos

^{a,b,c} Medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes, acordando con la prueba Duncan.

Madeiras (2008) y Menezes (2008), concluyeron que la relación linoleico: linolénico en la carne de los animales alimentados con pasturas es mayor a la de los animales finalizados en confinamiento, lo que indica que la alimentación afecta dicha relación, donde la carne de animales alimentados a granos, se caracteriza por tener altos contenidos de ácido linoleico y bajos de ácido linolénico, las cuales se consideran carnes menos saludables (Pannampalam et al., 2006). Esto también refleja que dicha relación es inversamente proporcional, lo que significa que al aumentar los niveles del ácido Linoleico, se disminuyen los valores del ácido Linolénico (Simopoulos, 2001), como se observa en los sistemas evaluados. El objetivo entonces es el de incrementar el ácido Linolénico, si se quiere obtener carnes más saludables, pues este ácido es precursor para la síntesis de ácidos de cadenas largas, los cuales previenen enfermedades como las cardiovasculares entre otras (Barceló-Coblijn y Murphy, 2009).

Se han realizado comparaciones en cuanto a esta relación entre varias clases de pastura. Por ejemplo, Freitas (2006), al comparar entre distintas variedades de *Brachiaria* tampoco hallaron diferencias importantes, concordando con lo encontrado en este trabajo. No se encontraron reportes donde se comparen praderas como las manejadas en este estudio, por lo que se deben realizar estudios adicionales que permitan obtener mayor información en esta área.

3.3 Implicaciones

A pesar de ser un alimento, básico, de alto valor proteíco y por consiguiente de un valor altamente nutritivo para el consumo humano, la carne bovina ha sido calificada por los nuevos y más selectivos consumidores como un componente perjudicial para la salud humana, debido a que se considera un alimento con altos contenidos de grasa y un producto con una composición de grasas “malas” que han sido relacionadas con varias enfermedades, por tal motivo, es necesario realizar investigaciones exhaustivas y numerosas sobre la caracterización del perfil lipídico de la carne bovina producida y su relación con el manejo, es decir con el sistema de producción donde los animales consumen, que en última instancia son ellos quienes proveen este valioso alimento, y que se ha confirmado que la alimentación y el manejo animal influyen ampliamente en el contenido y composición de la grasa de la carne, por lo que el presente trabajo se considera un paso importante al generar nueva y valiosa información sobre cómo es la fracción lipídica y su relación tan significativa con los sistemas productivos tanto los que usualmente son implementados, como los nuevos y estratégicos que se han venido adoptando en el medio colombiano, como es el caso de los Sistemas Silvopastoriles, los cuales parecen no solo ser una herramienta para mejorar el efectividad productiva de los hatos, sino que permiten generar productos (carne) con cantidades de grasas adecuadas y benéficas (0,82 en la relación AGPI:AGS) para el ser humano. Esta trascendental investigación es una de las pocas se han realizado en Colombia, por lo que dicho estudio permitirá abrir paso a nuevos y más profundos experimentos que consoliden una exacta, completa y verás información sobre la productividad cárnica en términos de eficiencia de parámetros productivos como en términos de calidad del producto pensando en alimentar una gran población no solo para saciar el hambre, sino también complementar un buena nutrición humana.

3.4 Conclusiones y recomendaciones

La composición y el contenido de ácidos grasos en la carne bovina fue afectada por el sistema de producción, aunque la grasa de todos los sistemas evaluados estuvo compuesta principalmente por el ácido palmítico y oléico. La carne del sistema silvopastoril del Quindío fue la de mayor contenido de ácidos grasos, de ácido oléico y ácido α -linolénico. A su vez, la relación Linoleico: α -linolénico en el sistema tradicional tuvo una relación muy alta, siendo esto un factor negativo, mientras que en los demás sistemas se obtuvo una relación aceptable para la salud humana.

Los resultados obtenidos sugieren que la composición, cantidad y las relaciones de ácidos grasos mejoran cuando se sacrifican animales con pesos superiores a 450 Kg en un sistema silvopastoril como se observó en el silvopastoril del Quindío, mientras que en el silvopastoril Cotové no se evidenció este comportamiento, debido a que los animales de dicho sistema tuvieron un peso inferior a este (420kg). Se recomienda realizar nuevos estudios para evaluarla relación del peso al sacrificio con la composición y cantidad de ácidos grasos, permitiendo tener mayor información para decidir el peso de sacrificio en el que se obtengan los mejores contenidos de ácidos grasos en carne. Igualmente, la edad es un factor que afecta el depósito de grasa intramuscular, lo que posiblemente afectó los resultados de este estudio, por lo que se recomienda realizar estudios evaluando el efecto de esta variable sobre el contenido y composición de grasa de la carne.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural por la financiación del proyecto *"Análisis comparativo de la Producción de Carne de Novillos Cebú en Sistema Silvopastoril Intensivo o en Confinamiento"* del programa *"Análisis Multifactorial de la Calidad Funcional de la Carne en Búsqueda de un Producto con Valor Agregado"* que permitió la realización de este estudio.

Gran parte del presente estudio también fue realizado dentro del proyecto: *"investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales"* dentro del objetivo *"Efecto de SSP sobre aspectos reproductivos, calidad de leche y calidad de carne"*, financiado por COLCIENCIAS y El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento

para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, ejecutado por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Los autores agradecen al profesor Diego Restrepo del Laboratorio de Productos Cárnicos, al profesor Jhair Gaviria del Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, donde se realizaron los diferentes análisis y a la Escuela de Química. También los autores agradecen al señor Nicolás Gonzales, propietario de la finca San Diego, por la colaboración recibida durante la ejecución de este proyecto.

Bibliografía

- Aldai, N., Dugan, M.E., Kramer, J.K., Martínez, A., Lopez-Campo, O., Mantecón, A.R., Osorio, K. (2011). Length of concentrate finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: an emphasis on trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles. *Animal* 5(10), 1643-1652
- Alfai, C., Alves, S., Martins, S., Costa, A., Fontes, C., lemos, J., Bessa, R., Prates, J. (2009). Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry*, 111, 939-946.
- Barceló-Coblijn, G., Murphy, E.J. (2009). Alpha-linolenic acid and its conversion to longer chain n-3 fatty acids: Benefits for human health and a role in maintaining tissue n-3 fatty acid levels. *Progress in Lipid Reserch*, 48, 355-374.
- Bressan, M.C., Rossato, L.V., et al. (2011). Genotype x environment interactions for fatty acid profiles, in *Bos indicus* and *Bos Taurus* finished on pasture or grain. *Journal of Animal Science* 89(1), 221-232.
- Cañeque, V., Sañudo, C. (2000). Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. 1ra ed. España: editorial, pags. 254.
- Castañeda, R.D., Peñuela, L.M. (2010). Ácidos grasos en la carne bonina: Confinamiento vs Pastoreo. *Producción Animal Argentina*, págs. 1-3. Recuperado 16 oct 2014 en: http://www.produccionanimal.com.ar/información_tecnica7carne_y_subproductos/122-acidos-grasos.pdf

- Chin, S.F., Enser, M., Wood, J.D., Scollan, N.D. (1992). Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *Anim.Sci*, 71, 509-519.
- Costa, E. C., Restle, J., Brondani, I. L., Perottoni, J., Faturi, C., & Menezes, L. F. G. d (2002). Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novilhos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31, 417-428.
- Enser, M., Hallett, K., Hewitt, B., Fursey, G. A. J., Wood, J. D. (1996). Fatty acid content and composition of English beef, lamb and pork at retail. *Meat Science*, 42, 443-456.
- Enser, M., Hallett, K.G., Hewewtt, B., Fursey, G.A.J., Wood, J.D., Harrington, G. (1998). Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*. 49(3):329-341.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). (2012). Programa de estudios económicos. Consumo Per Cápita de las carnes (2007 y 2012).
- Folch, J., Lees, M., Sloane-Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.*, 193, 265-275.
- Fredriksson Eriksson, S., Pickova, J., (2007). Fatty acids and tocopherol levels in M. *Longissimus dorsi* of beef cattle in Sweden — a comparison between seasonal diets. *Meat Sci*. 76, 746-754.
- Freitas, A. K. d (2006). Características da carcaça, da carne e perfil dos ácidos graxos de novilhos Nelore inteiros ou castrados em duas idades. Mestrado, Universidade Federal de Goiás, Goiânia — GO, Brasil. [http://ppgca.evz.ufg.br/pages/5698-dissertacoes-defendidas-em-2006\(F866c\)](http://ppgca.evz.ufg.br/pages/5698-dissertacoes-defendidas-em-2006(F866c)).
- French, P., Stanton, C., et al (2000). Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage or concentrate based diets. *Journal of Animal Science*, 78(11), 2849-2855.
- Fritsche, J., Steinhart, H. (1998). Analysis occurrence and physiological properties of trans fatty acid (TFA) with particular emphasis on conjugated linoleic acid (CLA) - a review. *Feed Lipid*, 100, 190-210.

- García, P.T., Pensel, N.A. (2008). Beef lipids in relation to animal breed and nutrition in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 500-508.
- Hocquette, J.F., Botreau, R., Picard, B., Jacquet, A., Pethick, D. W., Scollan, N. D. (2012). Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat Science*, 92(3), 197-183.
- Kolanowski, W., Laufenberg, G. (2006). Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. *European Food Research and Technology*, 222, 472-477.
- Ku, J.C., Briceño, E.G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A.J., Aguilar, C.F., Solorio, F.J., Ramirez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópico. Opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 43-53.
- Lopes, P.M., Farjalla, B., Lopes, J. (2009). Contenido de ácidos grasos y conjugados del ácido linoléico en carne de bovinos. *Rev. Electron. Vet, RED VET*, 10, 1-84.
- Marqués, A.F. (2011). Efectos del sistema de terminación en el perfil lipídico de bovinos de la raza bovina Marismeña. Tesis de Maestría. Universidad de Córdoba. Págs, 1-20.
- McNiven, M.A., Duynisveld, J.L., Turner, T., Mitchell, A.W. (2008). Ration of n6/n3 in the diets of beef cattle: Effect on growth, fatty acids composition and taste of beef. *Animal Feed Science and Technology*, 170, 171-181.
- Medeiros, F. S. (2008). Perfil de ácidos graxos e qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e empastagem. Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre — RS.
- Menezes, L. F. G. (2008). Avaliação de diferentes sistemas de alimentação sobre as características que afetam a qualidade da carcaça e da carne. Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria— RS, Brasil. <http://w3.ufsm.br/ppgz/teses.html>
Retrieved from
- Montero, M., Juárez, F.I., García, H.S. (2011). Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Europeo x Cebú finalizados en pastoreo y en corral. *Rev Mex Cienc Pecu*, 2(2), 137-149.
- NTC 4967. 2001. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Preparación de ésteres metílicos de ácidos grasos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC.

- NTC 5013. 2001. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Análisis de los ésteres metílicos de los ácidos grasos por cromatografía de gases. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC.
- Pérez, A., Carlos F. (2013). Producción y calidad de leche y carne en los sistemas Silvopastoriles, *Memorias del II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos*. Págs 1-10.
- Ponnampalam, E.N., Mann, N.J., Sinclair, A.J. (2006). Effect of feeding systems on omega-3 fatty acids, conjugated linoleic acid and trans fatty acids in Australian beef cuts: potencial impact on human health. *Asia Pac J Clin Nutr*, 9, 15-21.
- Razminowicz, R.H., Kreuzer, M., Leuenberger, H., Scheeder, M.R.L. (2011). Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livestock Science*, 114, 150-163.
- Realini, C.E., Duckett, S.K., Brito, G.W., DallaRizza, M., De Mattos, D., (2004). Effect of pasture vs. concentrate feeding with or without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef. *Meat Sci.* 66, 567-577.
- Rodríguez, M.E., Corral, G., Solorio, B., Alarcón, A.D., Grado, J.A., Rodríguez, C., Cortés, L., Segovia, V.E., Solorio, F.J. (2013). *Tropical and subtropical Agroecosystems*, 16, 235-241.
- Rodríguez, M.T., Penazzi, G., Caboni, M.F., Bertacco, G., Lercker, G. (1997). Effect of different cooking methods on some lipid and protein components of hamburgers. *Meat Science*, págs.367.
- Scollan, N., Hocquette, J.F., Nuernberg, K., Dirk, D., Ian, R., Aidan, M. (2006). Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat Science*, 74, 17-33.
- Shantha, N.C., Crum, A.D., Decker, E.A. (1994). Evaluation of conjugated linoleic acid concentrations in cooked beef. *J. Agric. Food. Sci*, 60, 695-697.
- Simopoulos, A.P. (2001). Fatty acids and human health: defining strategies for public policy. A review en: *Lipids*, 9, 36-83.

- Teira, G., Perlo, F., Bonato, P., Tisocco, O. (2006). Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencias Exactas y Naturales- Ingeniería y Tecnología*, 33, 173-193.
- Uzcátegui, S., Huerta-Leindenz, N., Arena, L., Colona, G., Jerez-Timaure, N. (1999). Contenido de humedad, lípidos totales y ácidos grasos del músculo Longissimus crudo de bovinos en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 49(2), 171-179.
- Vásquez, R.E., Abadía, B., Arreaza, L.C., Ballesteros, H.H., Muñoz, C.A. (2007). Factores de la carne. II parte: perfil de ácidos grasos de la carne bovina en 40 empresas ganaderas asociadas con la calidad de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Revista Corpoica- Ciencia y Tecnología Agropecuaria*. 8(2), 66-73.
- Vercezi, L., Bressan, M.C., Rodrigues, E.C., Alves, M.I., Branquinho, R.J., Pereira, S.P. (2009). Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos ezebuínos terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec.*, 38(9), 1841-1846.
- Warren, H.E., Scollan, N.D., Enser, M., Hughes, S.I., Richardson, R.I., Wood, J.D. (2008). Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat Science*, 78, 256-269.
- Wood, J., Richardson, R., Nute, G., Fisher, A., Campo, M., Kasapidou, E., Sheard, P., Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science*, 66:21-32.
- Wood, J.D., Enser, M., Fisher, A.V., Nute, G.R., Sheard, P.R., Richardson, R.I., Hughes, S.I., Whittington, F.M. (2008). *Meat Science*, 78, 343-358.

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1 Conclusiones

Las características de peso al sacrificio, peso en canal caliente y porcentaje en rendimiento en canal los parámetros organolépticos como terneza, color y el pH, variaron de acuerdo al sistema de producción, indicando que el sistema de manejo y de alimentación utilizado en la fase de finalización de la ceba, es un factor pre-mortem que influye en la calidad de carne producida. Así mismo, el tiempo de maduración es un aspecto fundamental que tiene una alta implicación en el aumento de la terneza en la carne, indicándose que una maduración de 14 días post-mortem es un tiempo óptimo para obtener una carne de terneza aceptable.

A la par, el sistema de producción afecta la composición y la cantidad de ácidos grasos en la carne, con lo que por medio de cambios en el manejo y en la alimentación animal es posible modificar la fracción ácidos grasos de la carne producida. A su vez, los ácidos grasos más abundantes en la carne bovina, son el ácido oleico y el ácido palmítico. El ácido α -linolénico es un ácido considerado como importante para la salud humana por sus efectos preventivos de algunas patologías y de acuerdo a lo observado este estudio se concluye que es uno de los ácidos más influenciado por el sistema de producción y la alimentación.

4.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar estudios adicionales sobre la calidad de la carne producida en Colombia, teniendo en cuenta relaciones importantes como la edad y el peso de los animales, para determinar qué edades y qué pesos son óptimos para el proceso de

beneficio que permitan obtener carne con calidad aceptable. A su vez, se debe obtener mayor información sobre el efecto de gramíneas y leguminosas tropicales en la calidad organoléptica, físico-química y nutricional de la carne.

En futuros estudios se sugiere también evaluar un mayor número de características de calidad de carne como la capacidad de retención de agua, el contenido de tejido conectivo, la presencia de diferentes ácidos grasos benéficos para la salud humana como el ácido docosahexanoico (DHA), el ácido linoleico conjugado (CLA) y otros ácidos omega 3 y omega 6 y su relación con el sistema de producción y la alimentación.

