

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**

**“Estudio comparativo de algunos parámetros de  
calidad y determinación de la composición  
química entre la carne de Res de EE. UU. y la  
carne de Res de Costa Rica”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA**

P R E S E N T A:

**CIRENIA ESCOBAR GARCÍA**

DIRECTOR DE TESIS: M en C. JORGE LUIS RICO PEREZ

COASESOR: M. en Sc. OLGER MURILLO BRAVO

## Agradecimientos

A mi asesor y amigo el M. en C. Jorge Luis Rico Pérez:

Por no dejarme vencer a pesar del tiempo y las adversidades, por su incondicional amistad, consejos y regaños.

Por todo eso gracias.

Agradezco a la Corporación de Fomento Ganadero de Costa Rica (CORFOGA) por el apoyo económico para realizar este trabajo.

Al laboratorio Nacional de la Calidad de la Carne del Instituto Tecnológico de Costa Rica por permitirme realizar este trabajo en sus instalaciones, por el hospedaje y gastos realizados, a todos los que trabajan en el: Sailim y Martín, pero sobre todo al M. Sc. Olger Murillo Bravo responsable del laboratorio; gracias por su confianza y ayuda.

Al M. en C. Marcelino Evodio Rosas García, profesor de carrera de la FES-C, por ayudarme en la parte de estadística.

A la Facultad Estudios Superiores Cuautitlán por brindarme educación, ética, fortaleza y conocimientos para ser quien soy y poder darme.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por toda mi formación y hacerme una mejor persona, por que en ella encontré amigos y hermanos que me mostraron el camino.

Gracias.

A mis amigos Julio, Olger, Mario y sus respectivas familias:

Por darme su apoyo, amistad y acogerme en su país y mostrarme todo lo lindo que hay en el.

Gracias.

Y a todos mis amigos y amigas que de alguna manera forman parte de esto: Ing. Juan Alducín, Paty Bolaños, Erika Arcineaga, José Santos, Angélica Saldaña y todos los demás.

Gracias.

A Dios por ser y estar.

A mi madre:

Por la infinita paciencia y apoyo que me brindaste en todo momento para culminar una de mis más grandes metas, y por permitirme robarte mucho del tiempo en el que merecía estar contigo.

Con todo mi amor.

A mis hermanos:

Sergio, Estela e Isaac, por ser quienes son y darme su incondicional apoyo, cariño y alegría en todo momento.

Los amo.

A mis sobrinos:

Mariana, Armando, Alejandra, Diana, Emmanuel, Elizabeth y Daniel, por no dejar morir en mí la capacidad de asombro y fortalecer en mí los ánimos de seguir luchando por un futuro mejor.

Los quiero mucho.

A mi esposo Alberto:

Por su apoyo y ayuda al final de esta etapa, como tributo a nuestro futuro y como muestra del muchísimo aprecio, amor e interés por buscar un gran porvenir.

Te amo.

## RESUMEN

El Objetivo del presente trabajo fue el de determinar la composición química, la fuerza de corte y las diferencias sensoriales, que usualmente se considera que determinan la calidad de la carne, tanto en muestras de carne proveniente de bovinos producidos en Costa Rica, como de muestras provenientes de bovinos producidos en EE UU. De acuerdo con ello se trató de demostrar si existen, o no, diferencias en cuanto a dichos parámetros de calidad entre ambos tipo de carne, lo cual, en caso de poder ser demostrado, podría constituirse en un referente de utilidad para ser tomado en cuenta cuando se proporciona información nutricional al consumidor costarricense.

El estudio consistió en hacer la determinación química de grasa, proteína y humedad, a dieciséis muestras de carne de 250 g. con dos repeticiones c/u, las cuales habían sido clasificadas para su venta como de calidad tipo CHOICE, y dieciséis muestras de carne de 250 g. con dos repeticiones c/u, provenientes de animales producidos en Costa Rica, los cuales habían sido alimentados bajo condiciones de pastoreo, de edad y sexo indeterminado. Las técnicas empleadas para determinar grasa, proteína y humedad fueron las propuestas por la AOAC, mientras que para la determinación química de Colesterol se utilizó la técnica desarrollada por Bragagnolo (8); para determinar la fuerza de corte en las muestras de carne se utilizó el protocolo empleado por la American Meat Science Association (1).

Los resultados del presente estudio muestran que tanto la resistencia a la fuerza de corte, como la humedad, la concentración de proteína, grasa y colesterol en muestras de carne provenientes de animales producidos en EE UU y Costa Rica, fueron estadísticamente diferentes entre ambos grupos, lo cual pudiera ser debido a que, como ha sido interpretado por diversos autores, los animales sometidos a diferentes sistemas de explotación presentan diferencias en la composición química, así como en cuanto a otro tipo de parámetros de importancia para la calidad del producto.

De los resultados obtenidos con el presente estudio, resalta la importancia que tiene el hecho de contar con información proveniente de un contexto cercano al del consumidor costarricense, así como a los diferentes actores que conforman la cadena cárnica para la toma de decisiones.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II</b>	<b>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>4</b>
<b>1.</b>	<b>PANORAMA GENERAL DE LA CADENA CÁRNICA EN COSTA RICA Y EE UU</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>CALIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE</b>	<b>9</b>
<b>2.1</b>	<b>Concepto De Carne</b>	<b>9</b>
<b>2.2</b>	<b>Tipos De Músculo</b>	<b>9</b>
<b>2.3</b>	<b>Estructura Del Músculo</b>	<b>10</b>
<b>2.4</b>	<b>Composición Química General De La Carne De Res</b>	<b>12</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Proteínas</b>	<b>12</b>
<b>2.4.2</b>	<b>Grasas</b>	<b>15</b>
<b>2.4.2.1</b>	<b>Lípidos</b>	<b>15</b>
<b>2.4.2.2</b>	<b>Principales Ácidos Grasos</b>	<b>16</b>
<b>2.4.2.3</b>	<b>Colesterol</b>	<b>16</b>
<b>3.</b>	<b>ALGUNOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA CARNE</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Agua Total O CRA</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Color</b>	<b>19</b>
<b>3.3</b>	<b>Jugosidad</b>	<b>21</b>
<b>3.4</b>	<b>Aroma y Sabor</b>	<b>21</b>
<b>3.5</b>	<b>Terneza</b>	<b>22</b>
<b>4.</b>	<b>PAPEL QUE JUEGAN LOS DIVERSOS INTEGRANTES DE LA CADENA CÁRNICA, CON RESPECTO A LA CALIDAD DE LA CARNE EN COSTA RICA</b>	<b>26</b>
<b>4.1</b>	<b>Aspectos Asociados Al Productor</b>	<b>26</b>
<b>4.2</b>	<b>Aspectos Asociados Al Carnicero</b>	<b>26</b>
<b>4.3</b>	<b>Aspectos Asociados Al Industrial</b>	<b>26</b>
<b>4.4</b>	<b>Aspectos Asociados Al Consumidor</b>	<b>27</b>
<b>5.</b>	<b>METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE</b>	<b>28</b>
<b>5.1</b>	<b>Métodos Para Determinar Proteína</b>	<b>28</b>
<b>5.1.1</b>	<b>Método Espectofotométrico</b>	<b>28</b>
<b>5.1.2</b>	<b>Métodos Volumétricos</b>	<b>28</b>
<b>5.2</b>	<b>Métodos Analíticos Para La Determinación De Colesterol</b>	<b>29</b>

5.2.1	Método Calorimétrico	29
5.2.2	Métodos Enzimáticos	29
5.2.3	Métodos De Ultracentrifugación	29
5.2.4	Precipitación Selectiva Mediante Polianiones	29
5.2.5	Métodos Cromatográficos	30
5.3	Métodos Para Determinar El Contenido De Agua Total	30
5.3.1	Métodos Por Secado	30
5.3.2	Método De Destilación	30
5.3.3	Métodos Químicos O De Karl Fischer	30
5.3.4	Métodos Instrumentales	31
5.4	Métodos Para La Determinación De Grasa	31
5.4.1	Extracción Directa Con Disolventes	31
5.4.2	Técnica De Foss-Let De Extracción Continua, Bailey-Walker Y Soxhlet	31
5.4.3	Extracción Por Solubilización, Método Ácido O Proceso De Warner- Schmidt	31
5.5	Medición De Terneza	32
5.5.1	Método Sensorial	32
5.5.2	Método Sensorial Directo	32
III	OBJETIVOS	36
IV	HIPÓTESIS	37
V	METODOLOGÍA Y MATERIALES	38
VI	RESULTADOS	39
VII	DISCUSIÓN	49
VIII	CONCLUSIONES	52
IX	RECOMENDACIONES	53
X	BIBLIOGRAFÍA	54
XI	APÉNDICES	61

## **I. INTRODUCCIÓN**

La importancia del sector vinculado a la industria de la carne es incuestionable, tanto desde el punto de vista del satisfactor social que ésta representa, al ser una industria que proporciona proteína de buena calidad a los consumidores, como desde el punto de vista del beneficio económico, al ser generadora de fuentes de empleo y potencialmente, poder constituirse en una opción generadora de divisas.

Un fenómeno que se ha observado muy marcado en los últimos años, tanto de parte de los productores como de los consumidores de carne, es que ha aumentado el interés por conseguir productos de calidad, los cuales resulten económicos a la vez de que no dañen la salud. En ese sentido, hablar de calidad de la carne, nos refiere necesariamente a reconocer los parámetros en que esta se mide, tales como la suavidad (terneza), jugosidad, sabor, aporte nutricional (proteínas, carbohidratos, vitaminas, minerales, etc.) y un bajo contenido de grasas. Todos esos parámetros, como se sabe, se ven influenciados por diversos factores intrínsecos del animal tales como la raza, el sexo, edad, genética, así como por otros factores de naturaleza extrínseca como son, principalmente, el sistema de alimentación y manejo bajo los cuales son explotados los animales **(4) (18) (12)**.

De acuerdo con todo lo anterior, es lógico pensar que, al hablar sobre la calidad de la carne se requiere considerar de una manera integral toda la conjunción de aspectos que comprenden desde la producción y el sacrificio de los animales hasta la transformación, la conservación y la comercialización de dicho producto. De lo anterior, deriva la necesidad de emprender también toda una serie de acciones orientadas a atender integralmente a la cadena cárnica, para lo cual se necesita otorgar una mayor importancia a todas y cada una de las etapas de la industria respectiva. **(12)**.

Para el caso de países latinoamericanos, como lo son Costa Rica, México y otros, cuyas condiciones de producción animal, sacrificio y distribución, les coloca en una condición de desventaja con respecto a sus socios comerciales más poderosos, como es el caso de los EE UU, se requiere comenzar por establecer esquemas de investigación orientados a tratar de conocer mejor las condiciones bajo las cuales se ha venido haciendo operativa la actividad vinculada a la cadena cárnica. Lo anterior, siempre y cuando queramos estar realmente en mejores posibilidades de disponer de las herramientas necesarias para enfrentar los retos actuales impuestos desde la perspectiva de integrarse dentro de los bloques comerciales existentes, tratando con ello de aspirar a contar con esquemas de mayor competitividad y calidad, así como de seguridad alimentaria **(56)**.

Por lo que respecta a Costa Rica, en este país se han generado diversas líneas de atención orientadas a tratar de buscar participar de una manera mas comprometida con el sector ganadero, mediante el establecimiento de esquemas de participación conjunta de diversos sectores, a fin de modernizar la actividad ganadera del país. De esa manera, por ejemplo, el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), la Corporación de Fomento Ganadero de Costa Rica (16) y el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICIT), han venido desarrollando una serie de acciones que apuntan en dicho sentido. Sin embargo, en buena medida ello corresponde a una iniciativa derivada de la necesidad de hacer frente a la firma reciente de un tratado comercial con los Estados Unidos de Norteamérica, por lo cual, al igual que para el caso de México, se requerirá orientar su mayor esfuerzo a tratar de desarrollar mecanismos y estrategias que habrán de lograr una mayor competitividad de aquellos productos incluidos dentro del esquema comercial respectivo, siendo la carne precisamente uno de ellos (56).

Es así que, ante un panorama como el descrito antes, se han venido acrecentado las exigencias de una mayor calidad dentro del sector respectivo y con ello también las exigencias de nuevos esquemas de investigación que sean capaces de respaldar el desarrollo científico y tecnológico. Es en ese sentido que el Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR) y la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM, desde hace algunos años se han venido respaldando por parte de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Enseñanza Superior y el Consejo Superior Universitario de Centro América (ANUIES-CSUCA), para desarrollar diversos proyectos relacionados con el sector cárnico a fin de tratar de contar con un diagnóstico de necesidades de capacitación y/o formular proyectos de investigación y programas de capacitación conjuntos.

Dado que existe poca información que dé cuenta de las diferencias de composición y calidad de la carne proveniente de animales producidos en Costa Rica, lo cual sirva para comparar con aquella información proveniente de carne de animales producidos en EE UU, el presente trabajo de investigación es un intento que se suma a otros más, por tratar de dar respuesta a algunas preguntas de interés para conocer mejor la situación que guarda en nuestros países la calidad de la carne con respecto a la composición química, en tanto que ha sido reportado y reconocido por diversos autores (66) con respecto a que, la carne producida bajo diferentes circunstancias, no necesariamente presenta la misma composición.

Es de esa manera que, la información que generada a través de trabajos como el presente, resulta relevante, en la medida en que requiere ser demostrado si existen, o no, diferencias entre la carne proveniente de diversos contextos, sobre todo, si consideramos que a pesar de que no se

dispone aun de suficiente información al respecto, ha venido prevaleciendo en nuestros días una cierta campaña de desprestigio hacia el consumo de las carnes “rojas” en comparación con la carne “blanca”. De hecho, se ha tendido a generalizar con respecto a la información nutricional existente hasta el momento para carne de bovino y cerdo (producida en EE UU u otros países donde se dispone sistemas “super” intensivos de producción (y donde la alimentación principal es a base de granos) como si estuviese comprobado que, efectivamente, ello es aplicable a países como los nuestros. Ésta es entonces una situación que debiera ser primeramente demostrada mediante estudios de investigación *ex profeso*; de lo cual partió la idea de desarrollar el presente estudio.

## II. REVISION BIBLIOGRAFICA

### 1. PANORAMA GENERAL DE LA CADENA CÁRNICA EN COSTA RICA Y EE UU

En la región centroamericana, la comercialización del ganado se lleva a cabo por tres mecanismos que son: la venta directa en mataderos, la participación de intermediarios y, el más utilizado a través de subastas ganaderas, siendo este último mecanismo el que prevalece para el caso de Costa Rica. En dicho país, que es el que ocupa por ahora la atención en este trabajo, el sector industrial está buscando cada vez con un mayor énfasis tratar de acceder a la industrialización en sus procesos tecnológicos sobre el ganado, a fin de otorgar mayor valor agregado al producto terminado **(29)**.

Entre las principales industrias automatizadas de Costa Rica destacan: El Arreo/SISA, Coopemontecillos y el Valle, que en conjunto sacrifican el 80 % del ganado, cumpliendo con las normas de calidad, control de impacto ambiental y bienestar de los animales, las que se encuentran aprobadas por el departamento de Agricultura de Estados Unidos de Norte America para su exportación. **(53)**.

En cuanto a los precios en este país, estos se comportan de manera muy cerrada al comportamiento de la región y no hay una dispersión significativa de los precios por kilo gramo de animales vivos (en las distintas categorías); así el precio promedio para el año 2007 en lo que respecta a vacas horras, novillas, bueyes, toros y novillos fue de 1,297.000 C/Kg **(86)**.

Hacia el año 2007, Costa Rica sacrifico 338 544 cabezas de animales en sus diferentes categorías, en comparación con EE UU que en el mismo año sacrificó 32 891 200 de cabezas **(87) (88)**. De hecho, al igual que en toda la región centroamericana, Costa Rica se caracteriza por el hecho de que su producción ocurre principalmente bajo condiciones de pastoreo extensivo sobre especies forrajeras de bajo valor nutricional, lo cual, junto con el predominio de animales cruzados a partir de razas cebuinas y criollas, ha venido determinando como causa principal que los índices de productividad promedio para la ganadería de doble propósito sean bajos. El sector correspondiente a la ganadería bovina se distribuye de la siguiente manera: 40 000 propietarios de ganado, de los cuales el 19

% trabaja con ganado productor de leche, el 25 % trabaja con ganado de doble propósito el 56 % restante lo hace con ganado destinado a la producción de carne en sus diversas etapas (cría, desarrollo, engorde o combinación de subsistemas), cuya posesión es, en promedio, de veintisiete unidades animal y una extensión de tierra de treinta y cinco hectáreas (un poco más de una hectárea por cabeza) lo cual, como es evidente, resulta inadecuado desde el punto de vista de la carga animal recomendada por hectárea **(53)**.

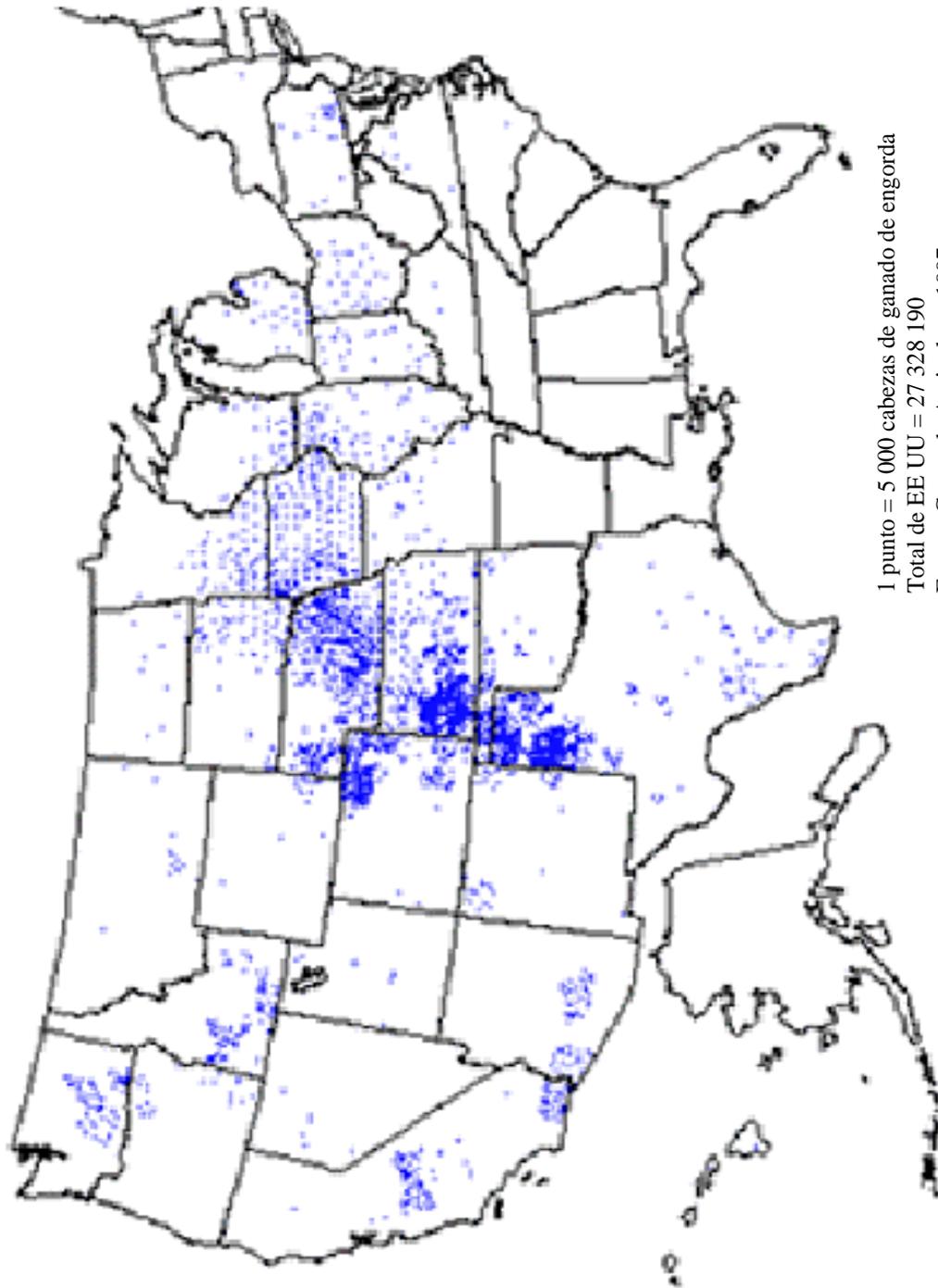
En lo que respecta a la productividad de la ganadería de carne en Costa Rica, cabe señalar que las corporaciones ganaderas han venido trabajando, desde hace algún tiempo, junto con los productores, a fin de tratar de superar los problemas de ineficiencia actuales, toda vez que había sido identificado un inadecuado comportamiento reproductivo, así como una baja tasa de crecimiento en animales jóvenes, acompañado, además, de esquemas deficientes en la alimentación, problemas en la salud animal y mal manejo genético de los hatos **(53) (71)**. Es dentro de esta perspectiva que se decidió en cierto momento, acceder a tratar de lograr el equilibrio entre la producción del hato bovino y otros sectores, haciendo intentos por triplicar la carga animal para favorecer el uso del recurso del suelo en cultivos, reservas de bosque, protección de cuencas, etc. **(49)**. Cabe señalar que en Costa Rica los productores se encuentran organizados en federaciones, entre las que figuran: la Federación de cámara de ganaderos de Costa Rica, la Federación de cámara de ganaderos de Guanacastle y la Federación de criadores de ganado de Costa Rica, mismas que representan al sector productor ante la cúpula del sector cárnico en Costa Rica, denominado Corporación de Fomento Ganadero **(16) (59)**.

Costa Rica importa cortes finos destinados, principalmente, a restaurantes y hoteles, siendo Estados Unidos de Norte América el principal proveedor de dicho tipo de cortes **(34)**; por otra parte, el país referido exportó en los años 60 y 70 hasta el 50 % de su producción, si bien, a partir del año 2003, dicho porcentaje bajó hasta un 10 % del total producido. Actualmente la importación se ha venido incrementando de manera paulatina, aun cuando las cifras sean todavía muy significativas; tratándose de productos a base de recortes de “cuartos delanteros” y del “pecho”, los cuales son congelados y utilizados básicamente para hamburguesas, tanto en EE UU como en Guatemala. **(16)**. Por otra parte, la producción de carne bovina para consumo interno en el año 2007 en Costa Rica fue de aproximadamente de 70 000 toneladas en canal, siendo el balance

entre lo exportado y lo importado de aproximadamente 13 000 toneladas (a favor de la exportación), con lo cual es posible estimar un consumo *per capita* de alrededor de 14.4 kilogramos por habitante **(24)**.

Con respecto a los EE UU, cabe recordar aquí que a partir de la segunda guerra mundial, la producción de carne de bovino se incrementó de manera necesaria, toda vez que se buscaba, entre otros aspectos, abarrotar la demanda existente, lo cual se conseguiría en lo sucesivo y hasta la fecha, a través de acortar el periodo de crecimiento en que los animales alcanzaban el peso de sacrificio. Ello se lograría implementando lo que se conoce como sistemas de engorde intensivo en confinamiento exclusivamente a partir de concentrados (“feedlots”). Como se sabe, estos sistemas de producción de carne bovina se dividen en dos fases: en la primera, los terneros son criados en praderas y en la segunda, los animales son trasladados a corrales de engorda por un período de 140 a 150 días, siendo, dentro de dicho esquema, la concentración animal una de las características mas sobresalientes **(80) (58)**.

Para el año 1997 existían en EE UU aproximadamente 35,000 corrales de engorde, de los cuales, tan sólo en ochenta y tres de ellos (0.2%) se producía el 50% del ganado que se sacrificaba en ese entonces. De hecho, la industria frigorífica sigue concentrada en tres empresas importantes que son: “IBP”, “Monfort” (ConAgra) y “Excell” (Cargill); las cuales siguen sacrificando aproximadamente el 80% del total del ganado de engorda. A lo anterior, es preciso agregar que la producción del ganado se desarrolla en la zona de las grandes planicies, concentrándose en los Estados de Texas, Oklahoma, Nebraska, Louisiana, California, Dakota y Wyoming **(13)**. Lo cual se indica de manera esquemática dentro del siguiente mapa:



1 punto = 5 000 cabezas de ganado de engorda  
Total de EE UU = 27 328 190  
Fuente: Censo de Agricultura 1997

**Mapa 1. Ubicación geográfica del ganado de engorde para producción de carne en los Estados Unidos**

Es preciso tener en cuenta también que, a nivel mundial, EE UU es el principal país productor de carne bovina, ya que contribuye con un 24.3% del total de la carne producida en el mundo. Por otra parte, en dicho país se consume el 25.4%, exportando alrededor de 1,157 miles de toneladas métricas y controlando el 20.2 % del comercio mundial. De igual manera, este país importa productos cárnicos y derivados cárnicos por alrededor de 2,461 millones de dólares, provenientes de casi todos los países del mundo **(64)**.

De manera paradójica, actualmente el mercado estadounidense comienza a experimentar un tardío interés por la tendencia a cuidar más de su salud y del medio ambiente, buscando, por ejemplo, producir alimentos orgánicos o naturales, por lo cual la carne de res producida en condiciones de pastoreo, a pesar de que el costo de producción y venta suele ser mayor por la edad de sacrificio (desde un 20 a 50 por ciento más) con respecto a la carne producida a base de granos. Lo anterior, en virtud de que, todo parece indicar que la carne procedente de animales criados en pastoreo, posee menor contenido de colesterol y de grasa intramuscular que la de animales alimentados a base de grano, además de que ha sido ampliamente documentado que, bajo tales condiciones, la carne contiene un mayor nivel de antioxidantes naturales, como son los ácidos grasos “omega III”, siendo también más baja en ácidos grasos saturados, lo cual le confiere al producto la característica de ser promovida como una carne “saludable” que disminuye el riesgo de enfermedades cardiovasculares y el desarrollo de otras enfermedades como el cáncer, entre otras de importancia en la salud pública. **(80)**.

Otro aspecto interesante y digno de ser considerado, el cual se relaciona con la perspectiva económica, es que para el 2002 los subsidios de los EE UU hacia sus agricultores ascendieron a 90 mil millones de dólares; habiéndose estimado que el subsidio directo anual a la carne correspondió a 1463 millones de dólares. Además, es importante tomar en cuenta que el gobierno de EE UU paga a sus productores una asignación de 2 dólares diarios por vaca. Lo anterior ocasiona por lo tanto marcadas condiciones asimétricas de producción derivando en un fenómeno de distorsión de precios, lo cual repercute en el hecho de que, a países como los nuestros les resulte prácticamente imposible ser competitivos **(64)**.

## 2. CALIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE

### 2.1 Concepto De Carne

Con la muerte higiénica del animal, el músculo esquelético, el cartílago, el tejido adiposo y el conectivo, junto con cantidades pequeñas de nervios, arterias y venas, forman lo que comúnmente conocemos como “carne”. Por lo tanto, por dicho término se puede entender, también, al conjunto de tejidos unidos en diferentes proporciones, mismas que afectan las propiedades organolépticas del producto, tales como: la ternura, el sabor, la jugosidad, la textura y el aroma. Los animales a partir de los cuales proviene la carne son, entre otras, diversas especies de mamíferos como la bovina, porcina, ovina, de conejo y avícola (39).

### 2.2 Tipos De Músculo

Músculo liso: este tipo muscular presenta células fusiformes de 25-200  $\mu\text{m}$  longitud cuyo grosor es de 5-20  $\mu\text{m}$ , presentando un núcleo central alargado y fibrillas lisas. Este tipo muscular suele ser característico de vísceras, vasos sanguíneos y folículos pilosos; presenta contracción involuntaria y carece de estrías. Sus funciones fisiológicas son gobernadas por el sistema nervioso autónomo. (42) (57).

Músculo cardíaco: compuesto por células cilíndricas bifurcadas en los extremos y con contracción involuntaria: se encuentra principalmente en el músculo del corazón, así como en algunas venas que requieren presión para favorecer el movimiento de la sangre. A este tipo muscular no se le incluye dentro del concepto de carne (57).

Músculo estriado esquelético: representa alrededor del 40-50% del peso corporal total. Sus células son cilíndricas, alargadas y con núcleos en la periferia, cuyo diámetro oscila entre 10 y 100  $\mu\text{m}$ . El tamaño de sus células individuales varía a través de su longitud, siendo frecuente el más pequeño en las partes terminales. Las células de este tipo muscular poseen una membrana (sarcolema) y se distribuyen en estructuras estriadas denominadas miofibrillas (25). Es posible diferenciar, por su color y función, tres tipos de fibras musculares: la fibra muscular roja, misma que presenta un metabolismo aerobio así como una gran concentración de mioglobina y cuya función se relaciona con trabajos lentos y continuos; el siguiente tipo de fibra, corresponde a la blanca, que

presenta un metabolismo anaerobio y cuya concentración de mioglobina es menor que la de las anteriormente indicadas; su función se relaciona con trabajos explosivos de corta duración. Finalmente puede identificada otro tipo de fibra conocida como intermedia, la cual se sitúa entre las dos anteriores (73).



Célula o Fibra muscular (14).

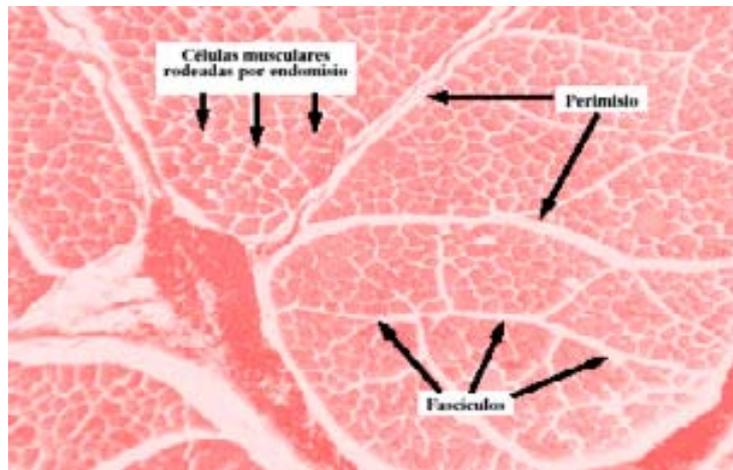
### 2.3 Estructura Del Músculo

El músculo puede ser reconocido como una estructura que se forma a partir de pequeños haces de fibra que se van agrupando en otros haces más grandes. La mayoría de los músculos se unen a los huesos por medio de tendones, situados generalmente en los extremos del músculo (14). Las fibras de músculo esquelético consisten en largas células multinucleadas dispuestas en una estructura de haces muy característica, debido a la presencia de una serie de componentes del tejido conectivo que separan y envuelven a dichas fibras (61).

Cada músculo está cubierto por una gruesa lámina de tejido conectivo formando el *epimisio*. Del *epimisio* parten elementos de tejido conectivo que penetran en el músculo y lo dividen en grupos de 20 a 40 células en haces o fascículos constituyendo el *perimisio*. Del *perimisio* parten septos muy delgados que penetran en los haces y rodean a cada una de las fibras musculares individualmente, esa fina lámina de tejido conectivo se denomina *endomisio*. Estas capas de tejido conectivo se encuentran conectadas entre si formando una red que permite la transmisión de la contracción de cada fibra muscular a todo el músculo (61).

El tejido conectivo forma parte integral de la microestructura muscular y, por ende, de la carne de res. Las células de grasa que presenta el músculo se depositan en el *perimisio*, son extrafasciculares y responsables del veteado (marmoleo) de la carne y están asociadas a la jugosidad y sabor de la misma. Por años el marmoleo o “marbling”

también ha sido asociado a la terneza en la carne de res. La cantidad y tipo de tejido conectivo presente en el músculo está asociado de forma directa con la dureza de la carne (14).



Corte transversal de un músculo esquelético de un bovino mostrando las fibras o células musculares, perimisinio, endomisinio y fascículos (14).

La fibra muscular es la unidad contráctil del músculo esquelético, siendo la especie, raza, sexo, edad, tipo de músculo, ejercicio y estado nutricional, algunos de los factores que afectan el diámetro de la fibra. Tales fibras pueden extenderse a lo largo de los músculos pequeños, aunque en animales grandes generalmente se extienden solo en una fracción de la longitud del músculo (14).

Las miofibrillas constituyen la unidad fundamental de la fibra muscular de estructura muy larga y filiforme y con un diámetro de unas dos micras. Éstas se encuentran distribuidas a lo largo de los elementos contráctiles, dentro de la célula muscular, e incluidas en una matriz proteica y gelatinosa llamada citoplasma celular o sarcoplasma, en la cual se localizan componentes importantes tales como las vitaminas, diversas enzimas y la mioglobina. Se calcula que en cada fibra muscular de 60  $\mu\text{m}$  de diámetro llega a haber cerca de 2000 miofibrillas de 0.1  $\mu\text{m}$  de diámetro (2).

El tejido conectivo, que es otro componente importante del músculo, comprende los elementos estructurales en el organismo de los mamíferos, proporcionando soporte y fuerza a la estructura del sistema muscular. Dicho tejido se encuentra en huesos, tendones, ligamentos y fascias; siendo el principal constituyente de la dermis, dientes, sistema cardiovascular, sistema reproductivo y aparato digestivo. Además, envuelve la mayoría de los órganos y se encuentra también en los tejidos mucoso y adiposo (69).

Entre las proteínas más importantes del tejido conectivo se encuentran el colágeno y la elastina (54). El tejido conectivo desempeña un papel importante en la ternura de la carne; de acuerdo con lo cual Bailey (1972) (2) sugirió la existencia de una relación entre la cantidad de tejido conectivo del músculo y la dureza de la carne, encontrando ejemplos claros entre el músculo *psaos major* que contiene cerca de 1% de colágeno, el *bíceps femoris* 4% y el *sternon mandibularis* 10%, los cuales muestran una disminución de la ternura en el mismo orden.

Se considera que una de las proteínas más abundantes en el cuerpo de los mamíferos es el colágeno; llegando a constituir hasta el 25% del total de la proteína del cuerpo y el 95% del total de los elementos fibrosos del tejido conectivo, si bien, una gran cantidad está asociada al esqueleto (54). Dicha proteína se encuentra en mayor cantidad en los tendones, teniendo una apariencia gelatinosa (el tipo I), mientras que el tipo II es el componente del cartílago y el tipo III se localiza en la piel y en los tejidos vasculares; estos tres tipos de colágeno predominan en forma fibrosa extracelularmente. Por su parte, los tipos IV y V no forman fibras de colágeno, sino redes finas que rodean las membranas de las fibras musculares (3). La importancia de la cantidad de colágeno radica en que éste le brinda resistencia y estabilidad al músculo, lo cual es debido a sus enlaces covalentes cruzados (40) (69).

En cuanto a la elastina se refiere, ésta se encuentra asociada con el colágeno en pequeñas cantidades en el tejido conjuntivo. Se trata de una proteína muy resistente, elástica e insoluble en agua

## **2.4 Composición Química General De La Carne De Res**

### **2.4.1 Proteínas**

Las proteínas son compuestos complejos que se encuentran en todas las células vivas y que poseen diferentes cantidades de elementos químicos tales como nitrógeno, oxígeno, hidrógeno, carbono, azufre, hierro y fósforo, entre otros. Los complejos proteínicos celulares están formados por sustancias más simples llamadas aminoácidos, de los cuales se conocen veinticuatro y nueve son esenciales para la vida de los organismos. Existen veinte aminoácidos importantes, los cuales son: Glicina, Alanina, Valina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Triptofano, Serina, Treonina, Tirosina, Prolina, Hidroprolina, Metionina, Cisteína, Cistina, Lisina, Arginina, Histidina, ácido Aspártico y ácido glutámico (30) (15). Por otra parte, las proteínas se ordenan en cuatro niveles

estructurales, que son: estructura Primaria, misma que corresponde a la secuencia, orden, tipo y cantidad en que se acomodan los aminoácidos, y que corresponde a la forma más simple en que se organiza una cadena polipeptídica. La estructura secundaria, por su parte, consiste en una secuencia de aminoácidos, los cuales se van entrelazando durante la síntesis de proteína, adquiriendo un giro en sus enlaces y dando una disposición espacial estable a las moléculas **(30) (15)**. La estructura Terciaria de las proteínas se adquiere por la tendencia que tienen las estructuras secundarias de plegarse sobre si mismas, uniéndose por medio de enlaces radicales, a fin de contribuir a mantener la estabilidad de la molécula. En este tipo de estructura se llegan a formar también puentes disulfuro (azufre), de hidrógeno, interacciones electrostáticas e hidrófobas; resultando al final, en una conformación globular que es soluble al agua y apta para desarrollar funciones diversas, tales como el transporte de componentes, actividad enzimática u hormonal, entre otras **(30)**. Finalmente, la estructura cuaternaria se refiere a la unión de dos o mas cadenas polipeptídicas por medio de enlaces covalentes, dando lugar a complejos proteínicos llamados polímeros, los cuales pueden estar integrados hasta por sesenta unidades protoméricas.

Con respecto a los tipos de proteínas musculares estas pueden ser de diversos tipos, destacando, entre todas ellas las proteínas miofibrilares, las proteínas sarcoplásmicas y las proteínas del estroma. Las primeras, es decir las miofibrilares representan un 65-75 % del total de las proteínas del músculo, siendo las más importantes la actina y la miosina, mismas que forman un complejo denominado actinomiosina. La actina ha sido identificada como el principal componente proteico de los filamentos finos; esta proteína se encuentra asociada con otra a la cual se le conoce como nebulina, así como con otro tipo de complejos formados por tropomiosina y las tres subunidades de troponina (T, I y C) **(30)**. Por su parte, la miosina, otro tipo de proteína miofibrilar, conforma los filamentos gruesos, combinándose con otras proteínas tales como la titina, que corresponde a la proteína encargada de conectar a la miosina con el disco Z, extendiéndose a lo largo de ella, hasta la zona H. La titina es una proteína importante que mide 1mm de longitud y forma parte del citoesqueleto. Esta proteína posee varios sitios de unión para proteínas musculares ( $\alpha$ -actina, actina, miosina, proteína M, miomesina y otras) **(30) (15)**.

Las proteínas sarcoplásmicas están presentes en un 30-35 % del total de proteínas que conforman al músculo, de las cuales, la más importante es la mioglobina, ya que otorga

el color a la carne. Dicha proteína está constituida por una parte proteica (globina) y una parte no proteica (grupo hemo). Su presencia en el músculo depende de varios factores: los intrínsecos, tales como la especie animal, el tamaño y zona de donde provenga el corte (mientras más fibra roja haya más mioglobina se encuentra) y la edad. Con respecto a los factores extrínsecos se puede destacar a la alimentación como uno de los principales, toda vez que se ha demostrado que, por ejemplo, las dietas altas en hierro favorecen una mayor producción de mioglobina. **(15)**.

Existe también en el músculo, un sistema de enzimas que es activado por la variación en las concentraciones intracelulares de calcio. Dicho sistema involucra a tres proteínas endógenas; se trata de dos proteasas conocidas como calpaínas, así como de un inhibidor natural de aquellas a la cual se le conoce como calpastatina. Las calpaínas son cisteín-proteasas activadas por  $\text{Ca}^{2+}$ . Se ha reportado que la actividad de las calpaínas es independiente de  $\text{Ca}^{2+}$ , si bien las dos isoformas ubicuas difieren en la concentración requerida para activarse **(74)**. Como se sabe, los cambios de degradación observados durante el almacenamiento de la carne comienzan a las 24 horas, completándose dicho proceso a las 72 horas postmortem al ocurrir la separación de las miofibrillas por degradación de miofilamentos intermediarios de desmina **(75)**. Precisamente, son las calpaínas las que degradan las proteínas musculares a nivel de las costámeras como la vinculina, la desmina, la distrofina, la titina, la nebulina y la línea  $\text{N}_2$  **(75)**.

Las proteínas del estroma corresponden a componentes del tejido conectivo que, dentro del músculo, van a estar formando las capas protectoras y dando la estructura (perimio, endomio y epimio). La principal proteína del estroma es el colágeno, misma que corresponde a una glicoproteína que contiene restos de hidratos de carbono (glucosa y galactosa), es muy rica en glicina, prolina e hidroxiprolina de manera secuencial, lo cual permite que la cadena peptídica tenga un enrollamiento muy abierto. La elastina es otra proteína del estroma, la cual se encuentra en el tejido conectivo (principalmente en ligamentos, vasos linfáticos y arterias). Contiene un alto porcentaje de glicina y un aminoácido casi exclusivo: la desmosina que está formada por cuatro residuos de lisina **(75)**.

## 2.4.2 Grasas

### 2.4.2.1 Lípidos

Los lípidos son un grupo heterogéneo de compuestos real o potencialmente emparentados con los ácidos grasos y que generalmente incluyen en su estructura algún tipo de alcohol, siendo su característica principal su insolubilidad en el agua, lo cual determina en buena medida su comportamiento especial en los sistemas biológicos. A este tipo de compuestos también se les denomina “grasas” de manera genérica, aunque no siempre es bien aplicado el término.

La cantidad de lípidos es muy variable en los animales, lo cual depende, entre otros aspectos, de la especie de la que se trate. Así, por ejemplo: el cordero presenta un 6.6 %, el cerdo 5.25 %, en bovino, conejo y aves está entre un 2 – 3.2 %. La cantidad de lípidos neutros será de 6.1 % en ovino, 4.9 % en cerdo y de 3 % en bovino, aves y conejo. Aunque el engrasamiento del animal depende de la nutrición de aquél, así como de su potencial genético, edad y sexo, se han reportado en los novillos distintos promedios para la grasa, los cuales se distribuyen de la siguiente manera,: grasa intramuscular 42 %, grasa subcutánea 30 %, grasa intraabdominal tejido conectivo y miofibrillas 14 % y grasa mesentérica 14 %. Dicha grasa se acumula principalmente en las cavidades corporales como tórax, abdomen y pelvis; en la zona subcutánea, así como inter e intramuscularmente (41).

En los lípidos de la carne predominan los ácidos grasos libres y esterificados con glicerol, ya sea en forma de mono-, di- o triglicéridos, siendo estos últimos los más abundantes. Otros lípidos existentes en la carne son aquellos identificados dentro del grupo de los lípidos compuestos o “complejos”, entre los que se encuentran: fosfolípidos y esfingomielinas. Por otra parte, la grasa infiltrada en los músculos participa como un aislante que permite que la carne pueda ser sometida a procesos térmicos sin perder gran parte de su calidad (42). Los lípidos intramusculares se componen principalmente de fosfoglicéridos y lipoproteínas. Al depósito intramuscular de los lípidos se le conoce como “**marmoleado**” (63), un aspecto que tiene influencia importante sobre la palatabilidad de la carne y que, por lo mismo, es considerado, junto con otros, como características que determinan en buena medida la calidad del producto (41).

De acuerdo con Long, R. A et al 2000 (41) el nivel de marmoleado ideal es de 0.2 pulgadas (0.49 cm) a la 12 costilla de grasa subcutánea y 1 pulgada (2.45 cm) a la 12 costilla de grasa subcutánea. Este nivel de marmoleado se alcanza con la madurez fisiológica, así es que el ganado de tamaño pequeño y maduración temprana, requiere un periodo más corto de alimentación para alcanzar el grado de selección, con respecto al ganado de tamaño mayor la misma edad y sexo (41). Se ha reportado también que la presencia de marmoleo en un corte se atribuye al potencial genético, por lo cual resulta difícil de modificar a través de la nutrición o el manejo. Sin embargo, se sabe que a medida que el ganado crece y se desarrolla, el contenido de grasa intramuscular se incrementa gradualmente desde 0 % en el ternero hasta un 8-10 % cuando los animales son correctamente alimentados. Al momento en que el contenido de grasa intramuscular alcanza mas o menos un 4 %, es posible identificar visualmente el marmoleado; ello constituye además una característica empleada para fines de clasificación de canales (41).

#### **2.4.2.2 Principales Ácidos Grasos**

Los ácidos grasos son unidades estructurales que difieren en la longitud de la cadena y en los tipos de enlaces de sus átomos de carbono; la mayoría de ellos contienen un número de átomos de carbono que va de 2 a 30, aunque en grasas de cordero y bovinas se han encontrado ácidos grasos de cadenas impares y ramificadas, además de ácidos grasos *trans* e isómeros posicionales de ácido oleico y linoleico (23). Los principales ácidos de la carne son: palmítico (C16:0), esteárico (C18:0), mirístico (C14:0), oleico (C18:1) que es el más abundante, seguido del palmitoleico (C16:1), linoleico (C18:2), linolénico (C18:3) y araquidónico (C20:4). Los ácidos grasos saturados (SFA) y los monoinsaturados (MUFA) no son mayoritarios en los triglicéridos de la grasa de carne proveniente de animales (26).

#### **2.4.2.3 Colesterol**

El colesterol (5-colestene-3 $\beta$ -ol) es un esteroide de origen animal que pertenece al grupo de los derivados lípidicos, mismo que desempeña funciones metabólicas importantes en el organismo tales como:

- Constituye la estructura básica para la formación de casi todo tipo de compuestos esferoidales, tales como hormonas sexuales, corticosteroides, vitaminas, etc.
- Contribuye en la formación de sales biliares
- Ayuda en la digestión y absorción de grasa en el tracto digestivo
- Es regulador del metabolismo intracelular de ácidos grasos
- Forma parte de las membranas celulares (citoplasma, núcleo y organelos).

El colesterol es un derivado del ciclopentanoperhidrofenantreno que posee un doble enlace entre los carbonos 5 y 6 del anillo aromático que sufre oxidación. Es por ello que cuando el colesterol se oxida se generan una gran cantidad de compuestos con diferente estructura llamados oxisteroles, estos se forman cuando el colesterol como tal o productos orgánicos que lo contengan, son sometidos al efecto directo o indirecto de temperatura, radiaciones, metales o agentes oxidantes orgánicos (enzimas). Se estima que es posible la formación de 34 productos de la oxidación del colesterol **(81)**.

Los efectos biológicos de los oxisteroles son los siguientes:

Inhiben la síntesis celular del colesterol, por medio de la enzima hidroximetilglutaril CoA reductasa la cual regula el colesterol causando la apoptosis **(81)**.

- Regulan la síntesis de la HMG CoA actuando sobre un receptor nuclear de esteroides (LXR)
- Inducen la apoptosis en tejidos (cultivos)
- Inhiben la síntesis de DNA
- Alteran la homeostasis del calcio, inhiben la bomba Calcio
- Inducen la agregación de trombina
- Tienen efectos mutagénicos, procarcinogénicos y de ateroma.

El colesterol en carne de res llega a ser muy variado, lo cual depende de muchos factores tales como: corte, edad, sexo, dieta, raza, etc. **(9)**. Algunos autores han demostrado que la carne de res presenta desde 25-80 mg/100g de colesterol en carne no procesada **(9)**.

Cuando los alimentos son procesados y sometidos al calor pueden elevarse de 80-1200ppm dependiendo del producto (carne cocida 20-100ppm, carne asada 150-300ppm).

Los esteroides hidrolizados del colesterol son absorbidos por las células intestinales en conjunto con otros compuestos. En estas células el colesterol es nuevamente re esterificado y transportado por los vasos linfáticos y posteriormente en la sangre, hacia el resto del organismo, formando parte de los quilomicrones (QM). Estos QM son utilizados por las células periféricas (no hepáticas) de ellos obtienen el colesterol para sus necesidades metabólicas. Se sabe que el hígado es capaz de formar constantemente colesterol, el cual es exportado hacia células periféricas como parte de las lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL). Estas VLDL son transformadas en lipoproteínas de densidad intermedia (IDL) y luego en lipoproteínas de baja densidad (LDL) en el sistema vascular. Es importante señalar que, las lipoproteínas de alta densidad (HDL) intervienen en la transformación de VLDL a LDL, actuando como una especie de “basurero” celular, ya que captan el colesterol que proviene de restos de membranas celulares muertas o en procesos de apoptosis; además, también captan el colesterol que se acumula en las paredes vasculares y que potencialmente puede llegar a formar placas ateromatosas. De esa manera, el colesterol captado es esterificado por la enzima lecitina-colesterol acil transferasa (LCAT) y transferido a la IDL por la proteína de transferencia del colesterol PTC para transformarla en un LDL, así es como es utilizado por las células periféricas y por el hígado con fines metabólicos **(81)**.

### 3. ALGUNOS FACTORES QUE DETERMINAN LA CALIDAD DE LA CARNE

#### 3.1 Agua Total y Capacidad De Retención De Agua (CRA)

El agua es el componente más importante de la carne y su cantidad en ella depende de la especie, la edad, sexo y zona anatómica del tejido, su abundancia o escasez es inversamente proporcional con el contenido de grasa. Es de esa manera que la capacidad de retención de agua (CRA) se refiere a la capacidad de la carne para retener el agua cuando se somete a factores externos como: corte, presión y temperatura entre otros. Cuando se aplica cualquiera de las condiciones anteriores, la carne sufre pérdida de humedad, debido principalmente al agua libre en su estructura. La CRA es una propiedad de gran importancia en la calidad de la carne, ya que puede ser modificada antes, durante y/o después de la cocción. Después del sacrificio la CRA se ve afectada por factores diversos, tales como la disminución drástica del pH *postmortem*, la pérdida de ATP intracelular, la instauración del *rigor mortis*, y los cambios en la estructura miofibrilar asociados en parte a la actividad proteolítica (38) (52). Lo anterior, permite comprender porqué muchas de las propiedades físicas de la carne como la jugosidad, la palatabilidad, la textura, el color y la terneza dependen de la CRA. (43) (33).

#### 3.2 Color

Ésta es considerada una de las características sensoriales de mayor importancia al momento de la compra por parte del consumidor, las referencias al color de la carne están asociados con factores como con la madurez, el estrés producido por el manejo inadecuado del bovino antes del sacrificio y el tipo de alimentación que ingirió (32). Es por ello que, cuando se intenta efectuar la evaluación de la carne y sus productos, suele recomendarse que se consideren aspectos tales como el “Blooming”, lo cual se refiere al tiempo de exposición de la carne al aire exactamente después de cortar la muestra, mismo que debe de ser dos horas y como mínimo una a temperatura de 3° C una fuente de luz de D65 con un sistema de iluminación 45/0 ó 0/45 ó difuso/8 (d/8) y a un ángulo de observación de 10° empleando técnicas mas objetivas para describir el color, el sistema más empleado ha sido definido por la [Comisión Internacional de la Iluminación](#) (Commission International du l’Eclairage, CIE). El sistema [CIE-Lab](#) se basa en el uso

de estándares de iluminación y calcula las coordenadas de color L\* (luminosidad), a\* (coordenada verde-rojo) y b\* (coordenada azul-amarillo) **(85)**.

Se debe considerar que las carnes con gran cantidad de marmoleo producen gran variabilidad. El color rojo púrpura de una carne fresca se debe a la presencia del pigmento conocido como mioglobina, el cual es relacionado a la hemoglobina de la sangre. La diferencia en el color de la superficie de la carne proviene de los cambios químicos del pigmento y la pérdida de humedad tiene también un significativo efecto de oscurecimiento sobre el color de la superficie de la carne fresca, lo cual es atribuido a la migración de la superficie de pigmentos que son solubles. Cabe tener presente que todo lo anterior se va concentrando después de la evaporación de la humedad **(32)**. Conforme el animal va siendo transformado en canal, el oxígeno existente en la sangre de las células musculares se une directamente a la porción de hierro de la mioglobina, produciendo así oximioglobina; esta molécula da un color rojo brillante a la carne. Dicho color, sin embargo, es precisamente el aceptado como más deseable para una carne fresca. Conforme transcurre el tiempo de exposición otra reacción más va teniendo lugar, generándose que, al contacto con el aire la molécula de oximioglobina pierde oxígenos la cual es resultado de la formación de la molécula conocida como metamioglobina dando lugar de un pigmento marrón, , que es característico de las carnes añejas o viejas. La velocidad de desarrollo de la metamioglobina va a depender de la temperatura (a más alta la temperatura, más rápida la reacción); el pH de la carne (a más alto pH da carne más negras) y el deterioro bacteriano **(76)**.

La cantidad de glucógeno es un aspecto que también afecta el color de las carnes, ya que se ha demostrado que si la concentración de este es bajo en el tejido muscular, al momento del sacrificio, la carne tiende a ser oscura y de estructura compacta; lo anterior se explica por el hecho de que anaeróticamente se produce poco ácido láctico y el pH de la carne postmortem se mantiene más alto de lo normal (mayor o igual a 6), acortándose así el tiempo de vida útil de la carne, aunque, bajo tales condiciones, la carne tiende a ser más jugosa, tierna y retiene mayor cantidad de agua **(55)**; este fenómeno se conoce como “Dark, Firm and Dry” y se asocia al estrés que sufren los animales al momento del sacrificio, a factores hereditarios y estacionales **(55)**.

Otros factores que afectan sobre el color de las carnes son la edad de los animales, el porcentaje de grasa intermuscular y la alimentación. De hecho, se ha reportado que una alimentación a base de granos incrementa la tasa de crecimiento y engarzamiento, con lo cual se permite sacrificar animales de menor edad (11). En cuanto al color de la grasa, los animales lo adquieren por su tipo de alimentación, ya que ha sido reportado que, animales alimentados con pastos depositan en su grasa pigmentos carotenoides (más de 500 ppm) y esto hace que la grasa sea de color amarillo. En comparación con lo anterior, los animales que consumieron grano presentan grasa nacarada brillante ya que las concentraciones de carotenos son muy bajas (menos de 5 ppm) (32).

### **3.3 Jugosidad**

Este es otro factor de gran importancia para determinar la calidad de la carne, ya que se encuentra relacionada con una mayor o menor “sequedad” de la carne durante la masticación. El contenido de grasa intermuscular determina la variación de la terneza hasta un 8 %, un 16 % en jugosidad y el porcentaje restante se debe a factores ambientales y genéticos (27). El jugo de la carne contiene componentes que contribuyen a la fragmentación y suavidad de la carne a la hora de consumirla. Se sabe que lo que determina la jugosidad a la carne es la presencia de lípidos intramusculares, los cuales dan lugar a la formación de un sustrato aguoso que es liberado cuando se mastica; así, la carne magra es generalmente seca y con poco sabor, ya que aquello que evita la pérdida de humedad en la grasa se localiza a lo largo del tejido conectivo primicial actuando como barrera, esto hace que la carne se encoja y se mantenga jugosa (31) (47).

### **3.4 Aroma y Sabor**

El aroma se detecta por los numerosos componentes volátiles liberados de la carne que estimula los receptores de la nariz. De esa manera, la carne cruda presenta poco aroma y sabor, pero cuando es cocida o calentada estos atributos se desarrollan. El sabor involucra la percepción de cuatro sensaciones básicas (salado, dulce, ácido y amargo) por las papilas gustativas de la lengua. Existen componentes no específicos y específicos en la carne. Los primeros derivan del calentamiento de los componentes hidrosolubles de bajo peso molecular, tales como los azúcares, aminoácidos, péptidos, nucleótidos y compuestos nitrogenados (77). Los segundos son atribuidos a la cocción

de los lípidos, principalmente los fosfolípidos y en menor medida los triacilgliceroles (77).

Los lípidos experimentan una degradación oxidativa liberando varios compuestos volátiles tales como los aldehídos alifáticos y aldehídos insaturados y otros compuestos heterocíclicos determinados por el perfil de ácidos grasos de la carne. El sistema de alimentación también afecta el olor y sabor de la carne, habiendo sido identificados más de 1000 componentes que son responsables. De hecho, los aldehídos y las cetonas están en mayor proporción en carnes provenientes de animales en sistemas intensivos, por cuanto que derivan de la oxidación de ácidos linoleico y oleico presentes en mayor porcentaje en animales que consumen granos; por el contrario, una mayor proporción de aldehídos insaturados, ácidos grasos volátiles y metil cetonas derivan de animales en pastoreo (46). La aparición de estos componentes depende del pH de la carne, de tal manera que, un pH alto origina una alta proporción de compuestos producto de la oxidación de los ácidos grasos, induciendo olores y sabores poco placenteros durante la cocción. La concentración de antioxidantes en la carne (alfa-tocoferol, betacarotenos) también tiene importancia sobre el olor y sabor ya que protegen las membranas de las fibras musculares impidiendo la peroxidación de los lípidos durante el almacenamiento. Estos antioxidantes disminuyen con la utilización de granos, produciendo una mayor rancidez de la carne y acortando la vida en la estantería (62) (19).

### 3.5 Terneza

Esta es, sin lugar a dudas, la característica más importante que determina la aceptación del producto por parte del consumidor. Es por ello que, la inconsistencia en la terneza de la carne, junto con el exceso de grasa y la falta de uniformidad, constituyen los principales problemas que enfrenta la industria respectiva (50) (67) (70). Para fines prácticos, se define a la terneza como la dificultad con la que una carne se puede cortar o masticar (56). Sin embargo, para fines de evaluación, existen dos métodos principales de determinación de dicha característica; el primero es el de apreciación objetiva. Cuya intención es intentar otorgar un valor de terneza en forma cuantitativa; en este rango el más conocido lo constituye el método Warner-Bratzler (WB), que es un método directo en el cual, mediante el uso de una cuchilla especial, se mide la fuerza de corte y esta es expresada en libras o en kilogramos. Con ello se obtienen valores de resistencia de la

carne al momento de ser cortada. Para la obtención de resultados mas fiables en las medidas de textura (21) sugiere realizar 6 mediciones de cada músculo. El segundo grupo de métodos, consiste en una determinación subjetiva del grado de terniza de la carne, los cuales se basan en la apreciación de esta característica, a través del empleo de un panel de degustación previamente entrenado para tal fin (32). La correlación entre estos dos métodos según Peluffo y colaboradores (56), es de (0.78), esto demuestra que el valor que registra la cuchilla Warner-Bratzler es un buen predictor de la realidad.

La terniza, por ser una característica biológica, se ve afectada por factores ambientales, de manejo y genéticos. Así, se sabe que la terniza de la carne disminuye al aumentar la edad del animal, esto ocurre por que el colágeno que envuelve a las fibras musculares no es tan soluble en animales de más edad como el de animales jóvenes. De igual manera, se ha podido determinar que en machos enteros la terniza disminuye debido a su precocidad, mientras que en machos castrados aumenta dicha característica. Por otra parte, la terniza se incrementa en las hembras, debido a la cantidad de grasa intramuscular que éstas acumulan. Los sistemas de alimentación a base de “Feed- Lots” o invernadas intensivas otorgan un alto plano nutricional y rápido crecimiento, provocando un elevado índice en la síntesis del colágeno, haciéndolo inestable, lo cual trae como resultado músculos con mayor terniza. Una práctica para incrementar la terniza suele ser la administración de vitamina D a los animales durante el periodo de engorde (49) (37), lo cual pudiera ser explicado desde el punto de vista de que dicha vitamina coadyuva para el metabolismo del calcio, un componente que se ha encontrado directamente relacionado con la actividad de enzimas encargadas de la degradación post mortem de la carne (49).

El manejo exagerado e ineficiente durante la pre-faena, por su parte, causa un gran estrés en los animales, los cuales liberan hormonas adrenales, haciendo que disminuya el glucógeno de reserva y por lo tanto, generando una mayor inestabilidad del pH. Todo ello genera cortes denominados como “DFD” (cortes secos, duros y oscuros). Ya durante la post faena, la temperatura de almacenamiento determina en gran medida el grado de terniza de la carne, pues la activación del complejo enzimático de las calpains depende directamente de dicho factor fisicoquímico. Se sabe que el sistema enzimático referido se activa entre los 10 a 25° C. Por otra parte, el término “acortamiento por frío” consiste en una contracción de las fibras musculares,

con un incremento del diámetro de las fibras y el consecuente endurecimiento de la carne; se sabe que ello ocurre, sobre todo, al exponer las canales al frío inmediato después del sacrificio, es decir, cuando paradójicamente, se intenta disminuir el desarrollo microbiano. El tiempo de almacenamiento es asimismo, de una enorme importancia con respecto a la búsqueda de carnes más tiernas, ya que la carne en *pre-rigor* es más tierna y ésta se va endureciendo a medida que se completa el *rigor mortis*. De esa manera, ha sido demostrado que la carne aumenta su ternura si se prolonga el periodo de maduración, por cuanto que las enzimas encargadas de la degradación de las fibras musculares (Calpainas) tienen más tiempo para actuar **(75) (37)**.

Con respecto a la forma de preparar la carne, cabe indicar que éste es un aspecto de gran importancia para efectos de contar con una mayor ternura, toda vez que, cuando no se lleva a cabo un proceso adecuado de cocción la carne tiende a ser dura, aún cuando provenga de animales jóvenes y/o con buena maduración, así como con un control estricto de manejo. Para evitar lo anterior, se recomienda que quienes cocinan la carne cuenten con un instructivo de cocinado que les oriente en ese sentido **(17)**.

Otros factores de manejo que influyen en la ternura de la carne son: el congelado, la forma de maduración unido al colgado de la res una vez que ésta ha sido sometida al sacrificio. Lo anterior, se explica debido a que se influye con ello para una mayor o menor tensión sobre diversos músculos. Se sabe también que la estimulación eléctrica de las reses produce una intensa contracción muscular, con lo cual se promueve que ocurra mayormente la glucólisis y descienda más rápido el pH; por otra parte, la inyección de sales de calcio a carnes frescas y maduras se emplea en la práctica, con la finalidad de incrementar la ternura, a través de acelerar los procesos que sufren aquellas durante el almacenamiento **(77) (68)**.

La heredabilidad es también una característica muy usada para preservar las características deseables de un hato, según algunos autores, se reportan valores de heredabilidad para ternura de 0.09 hasta 0.7, por lo cual, con este amplio rango de valores para heredabilidad, es posible mejorar la ternura de la carne por la vía genética **(56)**. Las herramientas para lograr lo anterior, son los cruzamientos que persiguen explotar el vigor híbrido y la complementariedad entre razas (*Bos-taurus* y *Bos-indicus*). Según Marshall **(47)** existen diferencias pequeñas entre razas originadas en

Bos taurus, pero las razas de origen continental producen carne ligeramente más dura que las británicas y presentan un menor contenido en grasa intramuscular. En contraparte las razas de origen índico producen carne menos tierna que las europeas. Este aspecto es de gran relevancia para los países latinoamericanos, ya que utilizan razas cebuínas en sistemas de producción de carne por cuestiones agroclimáticas y esto acarrea menor aceptación de la carne y una depreciación de su valor **(73)**.

## **4. PAPEL QUE JUEGAN LOS DIVERSOS INTEGRANTES DE LA CADENA CÁRNICA, CON RESPECTO A LA CALIDAD DE LA CARNE**

### **4.1 Aspectos Asociados Al Productor**

Se ha reconocido al **productor** como parte del primer eslabón en la cadena cárnica, esperando de este que sea capaz de proporcionar animales musculosos y con carne de alta calidad. Deseablemente, se espera también que lo anterior sea logrado a través de un bajo costo de producción y un menor tiempo en llegar al matadero. Por si fuera poco, se exige al productor que, además, reúna características de peso, conformación y estado de engrasamiento valorados por el industrial. Es de esa manera que tan importante tarea sea llevada a cabo a través de un adecuado control de los diferentes sistemas de explotación, los cuales inciden sobre la calidad del producto, entre los aspectos a controlar destacan: el peso, el sexo y la edad del animal, el grado de engrasamiento, el ritmo y la forma de la curva de crecimiento, la alimentación recibida y la raza **(60) (18)**.

### **4.2 Aspectos Asociados Al Carnicero**

El **carnicero**, por su parte, busca satisfacer las necesidades y exigencias de sus clientes, si bien, al mismo tiempo, está sujeto a la oferta de canales que el matadero le proporcione o comercialice. Derivado de ello, aquel debe preocuparse por reunir las mejores condiciones de manejo de la canal y/o de la carne, para lograr el máximo rendimiento de los cortes, los cuales deberán tener, idealmente, el mayor valor comercial; para ello, debe cuidar el tamaño de las piezas, así como la cantidad de grasa que éstas posean. Es por ello también que, el carnicero centra su mayor interés en las canales que poseen una elevada proporción de cortes de primera calidad, los cuales son muy demandados, fácilmente vendibles y a un precio superior **(36)**.

### **4.3 Aspectos Asociados Al Industrial**

El **industrial**, en cambio, desea adquirir animales con un buen rendimiento durante su transformación en carne; buscando además, un cierto grado de cobertura grasa, puesto que la distribución de ésta constituye un aspecto de máximo interés para efectos de

comercialización de la canal **(5)**, lo cual se logra con animales que presentan masas musculares elevadas **(18)**.

#### **4.4 Aspectos Asociados Al Consumidor**

Cuando se habla de calidad de un producto, inmediatamente se nos ocurre referirnos al hecho de tratar de cumplir con ciertos parámetros a los que se debe ajustar un producto normalmente elaborado en forma masiva, el cual es adquirido por el interesado de acuerdo a una situación particular, en algún tiempo y que satisfaga sus necesidades específicas. Es por ello que la calidad que se busca en el caso de la carne bovina llega a variar mucho, pues, no siempre se trata de un mismo tipo de consumidores al cual esta dirigido el producto **(18) (20)**.

Después de la suavidad y el sabor, otro de los aspectos importantes para ser tomados en cuenta al intentar darle gusto a los consumidores es el de la inocuidad, la cual pretende lograr que ningún alimento sea un riesgo para la salud del consumidor; así mismo el aspecto nutricional, ya que en esto se basa la salud humana y que está determinada por la presencia de distintos elementos que contiene la carne como son: proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales, así como su contenido de agua total **(18) (20)**.

Otro aspecto de importancia adicional, es la calidad del servicio al consumidor, en el cual se incluyen: la presentación de la carne (tipo de cortes y nuevos productos), disponibilidad, precio y aptitud culinaria. Además de ello, el elemento subjetivo o imaginario en el cual entra el lugar de origen, hábitos, costumbres, religión, ética del bienestar animal, medio ambiente y publicidad del producto, son aspectos que la cadena cárnica debe tener siempre presentes para efectos de mercadotecnia **(18)**. Sin embargo, el factor principal a la hora de la compra para el consumidor es la calidad sensorial, la cual está dada, por las características que percibimos por los sentidos que influyen en la satisfacción personal y estas son: el color, la textura, ternura, jugosidad, sabor y aroma. De acuerdo con ello, el consumidor busca características organolépticas que, como se sabe, derivan de un efecto indirecto causado por el mayor engrasamiento, la mayor tasa de crecimiento y la menor edad de los animales a la faena **(18) (54) (55)**.

## **5. METODOLOGÍA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CARNE**

Según la AOAC (1) existen diversos métodos para la determinación química de los alimentos en sus diferentes componentes y estos pueden ser costosos, extensos, precisos y complejos. La validación y revalidación de los métodos analíticos son necesarias para obtener datos confiables (9).

### **5.1 Métodos Para Determinar Proteína**

Métodos para determinar el contenido de proteína bruta, proteína real y nitrógeno no proteico tanto en muestras de origen animal como de origen vegetal.

#### **5.1.1 Métodos Espectofotométricos**

Son útiles en la valoración de proteína real ya que se basan en la formación de complejos coloreados entre algunos aminoácidos proteicos o en el enlace peptídico, con reactivos específicos; el clásico es el Biuret cuyo fundamento es la formación de un complejo coordinado entre los iones cúpricos del reactivo y el enlace peptídico de la proteína, la cual ocurre en un medio alcalino (6).

Otro reactivo utilizado es el de Folin cuyo fundamento es similar al anterior.

#### **5.1.2 Métodos Volumétricos**

Uno de los más utilizados es el de Kjeldahl, cuyo fundamento es la conversión del nitrógeno total presente en la muestra a sales de amonio que son posteriormente valoradas por volumetría ácido base; este método consta de tres etapas: a) digestión de la muestra en la cual se convierte el nitrógeno proteico en sulfato de amonio con la ayuda de un catalizador, b) destilación con arrastre de vapor del amonio producido en esta etapa se utiliza una base fuerte (hidróxido de sodio al 40%) para que se libere sal de amonio la cual es arrastrada por el vapor y recogida sobre un volumen exactamente medido de un ácido estándar; y c) valoración ácido base de este amonio. Se realiza una titulación con una base valorada con un indicador adecuado. En la Variante de Steyemark, el hidróxido de amonio se recoge sobre ácido bórico no valorado y se titula directamente el borato de amonio que se forma, con un ácido estándar (6) (44).

## **5.2 Métodos Analíticos Para La Determinación Del Colesterol.**

### **5.2.1 Métodos Colorimétricos**

Éstos se basan en la formación de compuestos coloreados mediante reacciones químicas del colesterol. Actualmente estos métodos no son empleados debido a los líquidos corrosivos que se utilizan, y por que no separan sustancias.

### **5.2.2 Métodos Enzimáticos**

Los métodos enzimáticos consisten en la hidrólisis de los ésteres del colesterol por acción de esterasas bacterianas, inespecíficas con respecto al ácido graso esterificado; posteriormente ocurre una oxidación del colesterol por una colesterol oxidasa, produciéndose  $H_2O_2$  el cual con la acción de una peroxidasa forma un compuesto coloreado (84).

### **5.2.3 Métodos De Ultracentrifugación**

Colesterol en fracciones lipoprotéicas.- Debido a la poca solubilidad del colesterol y otros triglicéridos mediante esta técnica se pueden separar tres grandes clases de lipoproteínas según su densidad: VLDL, LDL y HDL. Esta técnica es laboriosa y costosa pero útil, ya que separa lipoproteínas plasmáticas (84).

### **5.2.4 Precipitación Selectiva Mediante Polianiones**

Este es un método alternativo para lipoproteínas plasmáticas, el fundamento es que las lipoproteínas forman complejos insolubles con diversos compuestos polianiónicos, los cuales llevan a la precipitación de las VLDL y LDL sin que precipite el HDL, esto permite medir el colesterol asociado a las HDL ( $C_{HDL}$ ) aplicando el método de determinación al sobrenadante obtenido tras la precipitación; el método es exacto pero inespecífico (84).

### **5.2.5 Métodos Cromatográficos**

Estos métodos son más caros, pero más específicos. Algunos autores utilizaron la cromatografía gaseosa para determinar colesterol en carne (72) (7). Hoy en día la cromatografía líquida de alta eficiencia, es la más específica y usada (9). Independientemente del método utilizado para la determinación de colesterol se realiza lo siguiente: 1) se extraen los lípidos totales con un solvente orgánico o mezcla de solventes, 2) se retira el solvente, 3) se hace saponificación alcalina de lípidos, 4) se extrae la materia saponificable, 5) se remueve el solvente y 6) y se cuantifica (9).

### **5.3 Métodos Para Determinar Contenido De Agua Total**

Son muchos, llegando a variar en complicación, de acuerdo al estado físico en que se encuentre el agua (1). A continuación se indican algunos de ellos:

#### **5.3.1 Métodos Por Secado**

Estos métodos no son muy veraces, están fundamentados en la pérdida de agua por vaporación en la muestra al elevarse la temperatura (100°C) (1).

#### **5.3.2 Métodos De Destilación**

Se fundamentan en la destilación del producto alimenticio con un disolvente inmiscible que tiene un elevado punto de ebullición y una densidad menor que el agua. El agua que se destila cae debajo del disolvente condensado en un recipiente gravado, en el cual se mide el volumen de la fase acuosa (1). A continuación se indican algunos métodos.

#### **5.3.3 Método Químico O De Karl Fischer**

Basado en la reacción no estequiométrica del agua con el yodo y el bióxido de azufre en una solución de piridina-metanol, por titulación (1).

### **5.3.4 Métodos Instrumentales**

Basados en principios físicos o fisicoquímicos, como la resistencia eléctrica, la frecuencia y las propiedades dieléctricas, la reflectancia al infrarrojo cercano y microondas. Algunas otras son GLC, GCS, refractometría e hidrometría y el análisis térmico gravimétrico.

## **5.4 Métodos Para La Determinación De Grasa**

### **5.4.1 Extracción Directa Con Disolventes**

El contenido en lípidos libres, los cuales consisten fundamentalmente de grasas neutras (triglicéridos) y de ácidos grasos libres, se puede determinar en forma conveniente en los alimentos por extracción del material seco y reducido a polvo con una fracción ligera del petróleo o con éter dietílico en un aparato de extracción continua (82).

### **5.4.2 Técnica De Foss-Let De Extracción Coninua, Bailey-Walker y Soxhlet**

Es una extracción continua debido al goteo del disolvente que se condensa sobre la muestra contenida en un dedal que es un filtro poroso, alrededor del cual pasa el vapor caliente del disolvente. El tipo **Soxhlet** da una extracción intermitente con un exceso de disolvente reciente condensado (82).

### **5.4.3 Extracción Por Solubilización.- Método Ácido O Proceso De Werner-Schmidt**

La disolución del alimento se puede lograr por hidrólisis ácida o alcalina. El material es calentado en baño de agua hirviente con ácido clorhídrico para romper las proteínas y separar la grasa como una capa que flota sobre el líquido ácido. La concentración del ácido durante la extracción debe ser aproximadamente 6M, por ejemplo, 10 gr de leche se tratan con 10 ml. de ácido concentrado ó 1 a 2 gr de alimento sólido se mezcla con 8 a 9 ml de agua y 10 ml de ácido. Las proteínas se disuelven en el ácido y la grasa que se separa puede ser extraída por agitación, cuando menos tres veces, con éter dietílico o con una mezcla de éter dietílico y petróleo ligero. El éter dietílico tiende a coextraer

algún material no-lípido, por lo que los lípidos extraídos y pesados en el extracto seco necesitan ser eliminados cuidadosamente con éter de petróleo y el residuo no-lípido se vuelve a secar y pesarse para dar por diferencia, el contenido de grasa total en la muestra. La hidrólisis ácida tiende a descomponer los fosfolípidos, por lo cual la correlación con la extracción con cloroformo/metanol puede ser pobre en algunos alimentos (82).

## **5.5 Medición De La Terneza**

### **5.5.1 Método Sensorial**

Formado por un panel de degustadores entrenados que evalúan la terneza, textura, jugosidad, sabor y aroma de la carne cocida y la clasifican de acuerdo a su palatabilidad, utilizando escalas arbitrarias creadas para este fin; se siguen protocolos estandarizados que determinan extracción y preparación de la muestra de carne y también método y tiempo de cocción (73).

### **5.5.2 Método Sensorial Directo**

Muy difundido es la estimación de la terneza por medio de “instrumentos”, que se basan en la compresión, tensión o corte de la fibra muscular; en este encontramos el método Warner-Bratzler (WB), que se basa en la medición de la fuerza requerida para efectuar un corte de una muestra de carne en sentido perpendicular a las fibras musculares (73).

#### *Test de Warner-Bratzler*

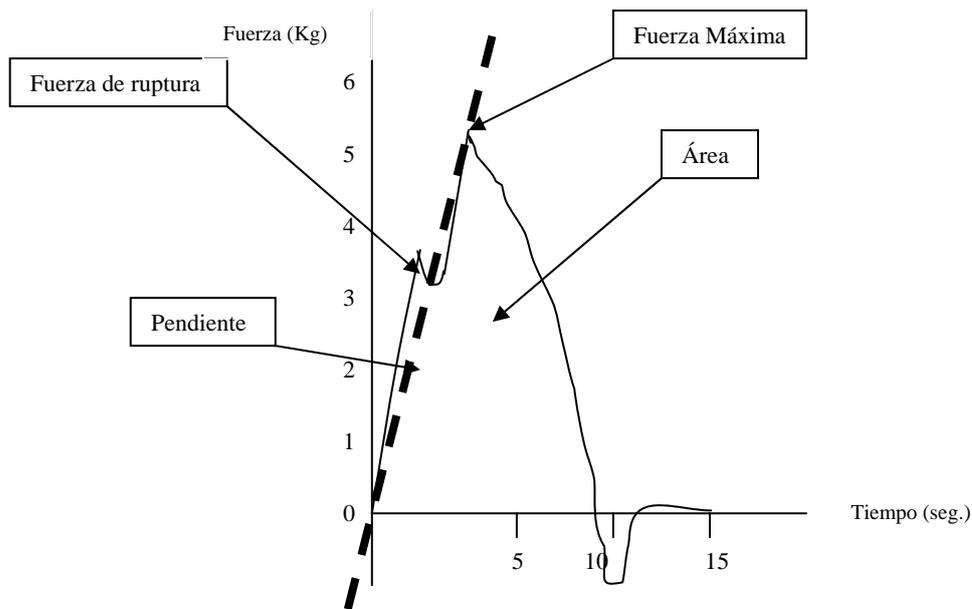
Es una prueba empírica utilizada ampliamente para medir la terneza de la carne y productos cárnicos. En este ensayo intervienen fuerzas de tensión, corte y compresión (8). En términos de estructura su interpretación es compleja, ya que refleja la suma de todas las fuerzas aplicadas, pero estas no se distribuyen de manera uniforme entre los componentes de la carne.



Cuchilla Warler-Bratzler del ITCR en Costa Rica

Definiciones y análisis dimensional de los parámetros del Test de Warler-Bratzler (Modificada de Bourne, 1982)			
Parámetro Mecánico	Descripción	Variable	Unidades
Fuerza máxima ( <i>Shear Force</i> )	Fuerza máxima alcanzada para el corte completo de una muestra (también relacionada con la resistencia debida a los componentes del tejido conectivo)	Presión	$Kg/cm^2$
Fuerza de Ruptura ( <i>Initial Yield Force</i> )	Primer punto de ruptura de la gráfica de medición de textura, relacionado con los componentes miofibrilares	Presión	$Kg/cm^2$
Pendiente Firmeza al corte ( <i>Shear Firmness</i> )	Es la inclinación de la parte recta de la curva que se obtiene en la prueba de Warner-Bratzler, trazada desde el origen hasta el punto de fuerza máximo	Velocidad	$Kg/seg$
Área (Trabajo Total)	Trabajo total necesario para el corte completo de la muestra	Trabajo	$Kg/seg$

En esta tabla se describen los parámetros mecánicos y las dimensiones en que generalmente se expresan los resultados del Test W-B.



Gráfica de fuerza de corte con la cuchilla Warler-Bratzler

De acuerdo con varios autores (32) (48) el ensayo de WB puede proporcionar información sobre las propiedades de textura debido a los dos componentes estructurales de la carne, miofibrilares y los de tejido conectivo, los cuales dependen también de la orientación de las fibras.

Murray & Martín (51) analizaron el efecto de la orientación de las fibras por el método de WB en varios músculos de vacuno y encontraron que el músculo *Longissimus dorsi* a un ángulo de  $0^\circ$  (orientación de la cuchilla con respecto a la orientación de las fibras  $0^\circ$ = paralela a las fibras), la fuerza máxima era de 4.25 Kg (e igual valor cuando se hizo a  $45^\circ$ ), mientras que a  $90^\circ$  la fuerza se incrementó a 7.22 Kg. En otros músculos como el *psoas major*, *semitendinosus* y *bíceps femori*, los valores fueron diferentes en las tres orientaciones de la cuchilla. Se han realizado muchos estudios en cuanto a fuerza de corte se refiere; los resultados obtenidos sugieren que dependiendo del tiempo transcurrido *post mortem* será la máxima fuerza de corte, ya que esto depende de la longitud del sarcómero (78) y del tipo de músculo del que se trate, a esto se suma la temperatura de cocción.

Resultados de Fuerza Máxima por el método WB en el músculo <i>Longissimus</i> de diferentes especies, de acuerdo a varios autores y condiciones de cocción (dimensiones de las muestras 1 x 1 x 2 cm, excepto la de cerdo 1.5 x 1.5 x 3cm)					
Especie	Fuerza Máxima	U	Condiciones de cocción	Equipo	Autores
Vacuno					
<i>Culón</i>	4.92±1.43	Kg	Grill 200°C, T interna=70°	Instron 2301	Panea, 2001
<i>Rústico</i>	4.33±1.44	Kg	Grill 200°C, T interna=70°	Instron 2301	Panea, 2001
Cerdo					
<i>Landrace</i> <sup>1</sup>	6.63 ±2.93	kG	Horno a 250°C /20 min	Texture Analyzer	CTC/IRTA 2003
Conejo					
<i>Hyplus X INRA 1067</i>	37.5 ±2.5	N/cm <sup>2</sup>	En agua a 80°C/1 H	UTN <sup>2</sup> Synergie 2000	Combes et al ...2003

<sup>1</sup> Muestras cortadas 1.5 x 1.5 x 3cm (CTC/IRTA 2003 no publicado)

<sup>2</sup> UTM Universal Test Machine.

### **III. OBJETIVOS**

#### **Objetivo General**

Determinar algunos componentes químicos, así como la suavidad de muestras de carne provenientes de bovinos producidos en Costa Rica y de muestras de carne de animales producidos en EE UU.

#### **Objetivos Específicos**

- Determinar los niveles de colesterol, grasa, proteína y humedad en carnes de animales producidos en Costa Rica y de muestras de carne de res producidas de EE UU
- Determinar la suavidad de la carne a través de la medición de la fuerza de corte con la cuchilla Warner-Bratzler en muestras de carne proveniente de animales producidos en Costa Rica, así como de muestras de carne producidas en EE UU.

#### **IV. HIPÓTESIS**

La hipótesis de trabajo consistió en que se espera que, de acuerdo con lo reportado por diversos autores, existan diferencias de calidad entre muestras de carne provenientes de diferentes países, tales como Costa Rica y EE UU, toda vez que dichas muestras corresponden a animales producidos también bajo distintas condiciones; lo anterior, partiendo de que las muestras de carne proveniente de animales producidos en EE UU son sometidos a estabulación, en tanto que las muestras de carne proveniente de animales de Costa Rica son alimentados en condiciones de pastoreo.

## V. METODOLOGÍA Y MATERIALES

Para la determinación química de Humedad, Grasa y Proteína se emplearon los métodos propuestos por la AOAC (**VER APÉNDICE A**), en tanto que para la determinación química de Colesterol se utilizó la técnica desarrollada por Bragagnolo (9) (**VER APÉNDICE B**). De igual manera, para la determinación de la Fuerza de Corte se aplicó el protocolo empleado por la AMSA (1) (**VER APÉNDICE C**).

Para todos los casos se usaron un total de 16 muestras con dos repeticiones cada una, tanto para las de muestras provenientes de animales cebuinos producidos en Costa Rica y alimentados bajo condiciones de pastoreo, como para las provenientes de EE UU, las cuales fueron muestras de calidad tipo CHOICE. (**VER APÉNDICE D**).

Solo para la prueba de Fuerza de Corte fueron 16 muestras con 6 repeticiones por muestra.

Para el procesamiento de las muestras se eliminó primeramente el exceso de grasa superficial y se cortaron a las mismas en cubos pequeños y posteriormente se molían en un procesador de alimentos.

Los resultados de cada una de las determinaciones para todas y cada una de las muestras de carne provenientes de Costa Rica y EE UU, se agruparon y se les calcularon los valores promedio, así como la desviación estándar, para su posterior representación mediante cuadros, tablas y/o gráficas, sometiendo a pruebas de hipótesis y sometiendo a análisis mediante la prueba de “T” de Student, empleando el programa SAS (Statistical Analysis System). (**VER TABLA DEL 3 AL 12**).

## VI. RESULTADOS

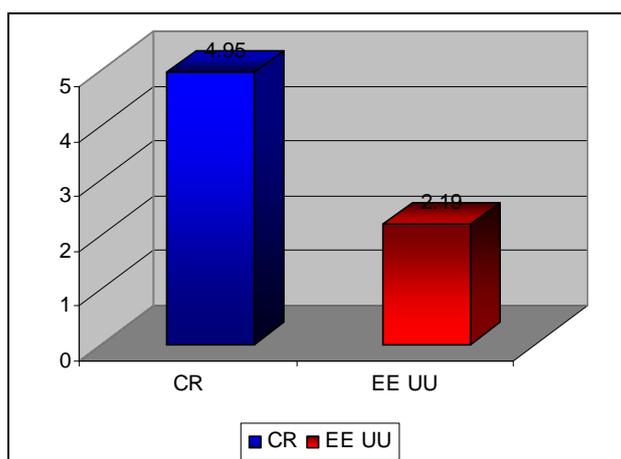
La calidad nutricional de la carne, como una característica importante que influye sobre la salud humana, está determinada por toda una serie de aspectos tales como la composición química, los diferentes tipos de cortes que existen, nuevos productos, disponibilidad, precio y el arte de presentarla al comensal. Sin embargo, el factor principal suele ser la calidad sensorial, por cuanto que dicho aspecto se relaciona con la satisfacción plena del consumidor y que se refiere a atributos tales como: el color, la textura, la terneza, jugosidad, sabor y aroma del producto (18). Lo anterior, a su vez, está influenciado por factores tales como la raza del animal, la alimentación, edad, sexo, el manejo *antemortem*, los procesos de sacrificio, el manejo de las canales durante el almacenamiento *postmortem*, las características intrínsecas del músculo y tejido conectivo, la determinación genética de la proteólisis *postmortem* en las células musculares del animal, entre otros (54) (55). Como ha sido reconocido ampliamente, por diversos autores, los atributos organolépticos antes referidos suelen ser consecuencia directa de aspectos que le determinan, entre lo cual destaca el grado de acumulación de grasa en el animal, así como una mayor tasa de crecimiento, la edad a la que son enviados los animales a rastro, etcétera. De hecho, dichas características organolépticas se encuentran particularmente influenciadas también por la tasa de descenso del pH durante la transformación de músculo en carne, así como el pH final (por ejemplo, dentro de las primeras 24 horas *post mortem*) que alcance la carne. Por otra parte, ha sido reconocida la influencia que sobre tales características organolépticas llegan a tener las prácticas, tanto previas, como durante y posteriores al sacrificio, así como la manipulación posterior de la carne durante el periodo de maduración de la misma (12) (55). Sin embargo, ha sido reportado asimismo, que, bajo distintas condiciones de producción de los animales, tanto las características sensoriales como los atributos y la calidad de la carne puede llegar a ser variable (10).

De acuerdo con lo antes expuesto, dentro del presente trabajo, decidimos tratar de contestar algunas preguntas que suelen surgir dentro de contextos como el nuestro, donde aun estamos acostumbrados a seguir tomando decisiones de tipo nutricional, pero tomando como base información nutrimental generada en ámbitos diferentes al nuestro (tal es el caso de aquella información proveniente de países como: EE UU, Inglaterra, Francia, etc.). Entre las preguntas a las cuales nos referimos antes destaca

aquella que se refiere a que: si ¿existen, o no, diferencias de calidad y composición química en muestras de carne proveniente de animales de diferentes países, los cuales - como es de suponer- son explotados bajo distintos sistemas de producción.

En el sentido antes referido, dentro del presente estudio, se evaluaron una serie de parámetros relacionados con las características sensoriales y de composición química de la carne, tales como: la resistencia a la fuerza de corte, la cantidad de agua total, la concentración de proteína, grasa y colesterol en muestras de carne provenientes de animales producidos en EE UU y de animales producidos en Costa Rica, encontrando, para todos los casos, diferencias estadísticamente significativas, entre ambos grupos de muestras del producto, según se indica en los cuadros 1 y 2 del presente apartado, los cuales se describen a continuación:

Con respecto a la **Fuerza de Corte**, como se observa en la grafica 1 y cuadros 1 y 2, en las muestras de carne provenientes de animales producidos en Costa Rica, se encontró que estas presentaron 2.76 puntos porcentuales mayores con respecto a las muestras de carne producidas en EE UU, lo cual se traduce en que la carne de EE UU presentó una menor resistencia al corte y, por lo tanto, resulta mas suave al paladar. En las tablas 3 y 4 se presentan los resultados de las muestras obtenidas de la lectura de la cuchilla Warler-Bratzler con sus respectivas repeticiones tanto para Costa Rica como para EE UU.



**Gráfica 1. Resistencia a la fuerza de corte en muestras de carne provenientes de animales producidos en Costa Rica y EE UU.**

**Cuadro 1. Medias de Cuadrados Mínimos (MCM) de las características de carne de Costa Rica y EE UU.**

Características	Costa Rica	EE UU
% Agua Total	74.59 <sup>a</sup>	71.23 <sup>b</sup>
% Grasa	2.74 <sup>a</sup>	18.62 <sup>b</sup>
% Proteína	14.68 <sup>a</sup>	13.09 <sup>b</sup>
% Colesterol	30.64 <sup>a</sup>	37.82 <sup>b</sup>
% Fuerza de Corte	4.95 <sup>a*</sup>	2.19 <sup>b*</sup>
<sup>a, b</sup> Medias en el mismo renglón con distinta literal son diferentes estadísticamente (P<0.082) <sup>a*,b*</sup> (P<0.0001)		

**Tabla 3. Resultados de Fuerza de corte en muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica.**

FUERZA DE CORTE CR 28/09/05					FUERZA DE CORTE CR 28/09/05					FUERZA DE CORTE CR 28/09/05				
Biste c	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final	Bistec	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final	Biste c	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final
A	21	4.38	250.55	149.55	F	21	7.85	213.7	180.50	K	21	5.96	211.85	175.3
		2.82					8.00					2.14		
		3.1					3.80					5.36		
		2.51					5.45					4.4		
		4.27					8.53					5.86		
		2.7					0					2.23		
B	21	8.27	267.75	219.7	G	21	0	203	166.85	L	21	4.54	223.5	179.55
		6.12					6.04					3.17		
		6.27					6.03					3.08		
		9.43					6.51					4.03		
		11.4												
		6					4.85					3.32		
		11.9												
		1					5.61					2.79		
C	21	3.82	249.20	210.35	H	21	3.45	228.25	179.05	M	21	5.89	241.20	192.95
		2.7					3.03					6.08		
		0					3.94					4.21		
		5.61					4.35					3.52		
		6.2					7.16					8.36		
		4.07					5.93					4.6		
D	21	5.04	191.2	155.50	I	21	7.51	200	163.2	N	21	8.31	190.40	148.50
		3.88					8.9					6.24		
		5.62					4.38					4.9		
		4.45					6.55					4.58		
		5.04					8.81					4.52		
		2.99					0					6.67		

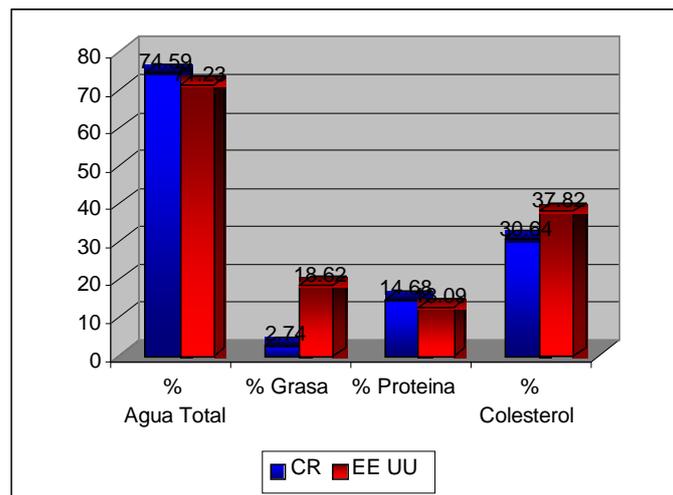
E	21	4.43	208.3	174.85	J	21	5.67	277.85	217	O	21	3.17	194.55	157.6
		3.01					3.87					4.45		
		2.52					5.2					4.29		
		4.26					4.22					2.94		
		5.53					4.39					5.19		
		4.87					4.32					3.36		
										P	21	3.16	188.40	158.15
												3.35		
												5.07		
												2.82		
SUMATORIA		460.37										3.75		
PORCENTAJE		4.79										2.43		

**Tabla 4. Resultados de Fuerza de corte en muestras de carne de animales provenientes de EE UU.**

FUERZA DE CORTE CR 28/09/05					FUERZA DE CORTE CR 28/09/05					FUERZA DE CORTE CR 28/09/05				
Biste c	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final	Bistec	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final	Biste c	Código	Fz. Corte	P.Inicial	P.Final
A	1	2.47	339.20	250.30	F	6	2.85	340.25	241.90	K	11	3.7	343.90	258.6
		2.40					4.38					2.94		
		1.62					3.20					3.02		
		1.24					2.60					3.74		
		3.33					3.95					2.22		
		2.33					3.37					3.63		
B	2	2.48	349.20	251.25	G	7	1.93	344.95	261.80	L	12	3.13	351.85	245.75
		2.17					2.72					3.24		
		2.60					1.72					3.03		
		1.53					2.7					1.78		
		2.40					2.16					1.97		
		1.31					2.97					2.27		
C	3	2.46	339.20	246.60	H	8	2.29	343.55	254.60	M	13	1.01	343.50	259.45
		3.37					2.56					3.11		
		1.88					3.23					2.65		
		1.60					2.34					3.25		
		2.28					2.79					2.97		
		1.75					2.67					3.84		
D	4	1.98	330.05	239.30	I	9	3.77	336.45	245.35	N	14	2.35	344.50	250.90
		3.04					2.65					1.48		
		2.18					3.27					3.58		
		2.06					1.76					1.82		
		1.64					2.95					1.98		
		1.63					2.15					3.62		
E	5	3.16	334.55	242.80	J	10	3.03	346.10	251.05	O	15	4.25	329.70	229.85
		2.10					3.02					2.70		
		2.48					1.74					2.90		
		1.67					2.35					2.51		
		2.40					1.84					2.88		
		1.89					0					2.76		
										P	16	2.91	344.60	263.40

													2.86		
													2.60		
													2.69		
SUMATORIA		247.14											2.99		
PORCENTAJE		2.57											4.35		

Con respecto al **Agua total**, (ver gráfica 2 y cuadros 1 al 2), las muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica presentaron 3.36 puntos porcentuales mas, con respecto de las muestras de carne producidas en EE UU. En las tablas 5 y 6 se presentan los resultados de las muestras obtenidas de la lectura del método empleado, con sus respectivas repeticiones tanto para Costa Rica como para EE UU.



**Gráfica 2. Agua total, grasa, concentración de proteína y colesterol en muestras de carne provenientes de animales producidos en Costa Rica y EE UU.**

**Tabla 5. Resultados de niveles de Agua Total en muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica**

# MUESTRA	%AGUA TOTAL	# MUESTRA	%AGUA TOTAL
1A	73.53	9A	77.24
1B	73.14	9B	76.94
2A	74.20	10A	73.24
2B	74.64	10B	73.62
3A	74.21	11A	74.20
3B	73.92	11B	75.12
4A	73.03	12A	76.35
4B	72.94	12B	75.60
5A	75.18	13A	75.04
5B	74.29	13B	72.40
6A	75.27	14A	74.83
6B	75.17	14B	75.16
7A	76.18	15A	75.41
7B	76.47	15B	75.03
8A	73.36	16A	73.62
8B	74.23	16B	73.29

**Tabla 6. Resultados de niveles de Agua Total en muestras de carne de animales provenientes de EE UU**

# MUESTRA	%AGUA TOTAL	# MUESTRA	%AGUA TOTAL
1A	67.14	9A	72.25
1B	67.01	9B	71.88
2A	67.74	10A	71.65
2B	68.45	10B	71.58
3A	70.63	11A	70.34
3B	70.48	11B	71.19
4A	68.72	12A	70.44
4B	70.04	12B	71.75
5A	74.94	13A	69.41
5B	72.80	13B	69.18
6A	73.83	14A	67.29
6B	74.00	14B	68.19
7A	72.23	15A	74.99
7B	72.60	15B	76.19
8A	72.44	16A	74.05
8B	71.69	16B	74.26

La cantidad de **Grasa** presente en muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica presentaron un valor promedio de 15.88 puntos porcentuales menor, con respecto de las muestras de carne producidas en EE UU (ver cuadros 1 al 2).

En las tablas 7 y 8 se presentan los resultados de las muestras obtenidas de la lectura del método empleado, con sus respectivas repeticiones tanto para Costa Rica como para EE UU.

**Tabla 7. Resultados de Grasa en muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica.**

# MUESTRA	%GRASA	# MUESTRA	%GRASA
1A	3.27	9A	2.13
1B	2.63	9B	1.72
2A	1.28	10A	2.64
2B	3.63	10B	3.07
3A	3.27	11A	2.63
3B	0.10	11B	4.85
4A	1.80	12A	1.70
4B	1.88	12B	1.37
5A	2.63	13A	3.68
5B	1.74	13B	3.26
6A	1.48	14A	2.92
6B	2.90	14B	2.75
7A	5.31	15A	2.32
7B	5.37	15B	2.45
8A	4.58	16A	3.22
8B	0.82	16B	4.30

**Tabla 8. Resultados de Grasa en muestras de carne de animales provenientes de EE UU.**

# MUESTRA	%GRASA	# MUESTRA	%GRASA
1A	23.29	9A	14.37
1B	15.41	9B	18.08
2A	20.14	10A	9.688
2B	19.95	10B	13.76
3A	12.66	11A	16.20
3B	10.66	11B	13.58
4A	14.90	12A	15.65
4B	14.38	12B	46.79
5A	16.20	13A	34.04
5B	16.21	13B	30.20
6A	17.42	14A	30.91
6B	12.16	14B	29.26
7A	15.94	15A	23.98
7B	13.73	15B	20.28
8A	25.14	16A	13.98
8B	23.49	16B	25.60

**Cuadro 2. Valores promedio de composición química y fuerza de corte para las muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica y EE UU.**

ORIGEN DE LAS MUESTRAS	%GRASA	%PROTEINA	%AGUA TOTAL	%COLESTEROL	FUERZA DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
COSTA RICA	2.75	14.69	74.59	30.65	4.95
EE UU	18.62	13.10	71.23	37.82	2.20

En lo que se refiere a la cantidad de **Proteína**, las muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica fueron mayores en 1.59 puntos porcentuales con respecto de las muestras de carne de animales producidos en EE UU (ver cuadros 1 y 2). En las tablas 9 y 10 se presentan los resultados de las muestras obtenidas de la lectura del método empleado, con sus respectivas repeticiones tanto para Costa Rica como para EE UU.

**Tabla 9. Resultados de Proteína en muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica**

# MUESTRA	%PROTEINA	# MUESTRA	%PROTEINA
1A	14.28	9A	14.07
1B	13.93	9B	13.94
2A	15.00	10A	14.35
2B	15.00	10B	14.18
3A	14.95	11A	14.47
3B	14.84	11B	23.75
4A	13.63	12A	13.76
4B	13.77	12B	13.66
5A	14.12	13A	14.29
5B	15.76	13B	13.92
6A	14.57	14A	15.02
6B	15.71	14B	14.96
7A	14.26	15A	14.95
7B	13.86	15B	14.83
8A	13.60	16A	14.48
8B	13.80	16B	14.18

**Tabla 10. Resultados de Proteína en muestras de carne de animales provenientes de EE UU.**

# MUESTRA	%PROTEINA	# MUESTRA	%PROTEINA
1A	11.41	9A	13.74
1B	12.25	9B	13.06
2A	12.67	10A	13.75
2B	13.69	10B	13.57
3A	14.45	11A	12.83
3B	14.93	11B	13.30
4A	13.79	12A	13.05
4B	13.50	12B	12.59
5A	13.57	13A	12.65
5B	11.55	13B	12.77
6A	13.69	14A	12.43
6B	13.44	14B	12.57
7A	11.56	15A	13.88
7B	11.62	15B	14.19
8A	12.18	16A	13.69
8B	11.75	16B	15.03

Dentro del presente estudio se encontró que la cantidad de **Colesterol** de las muestras de carne proveniente de animales producidos en Costa Rica fueron 7.18 puntos porcentuales mas bajos con respecto de las muestras de carne producidas en EE UU (ver cuadros 1 al 2). En las tablas 11y 12 se presentan los resultados de las muestras obtenidas de la lectura del método empleado, con sus respectivas repeticiones tanto para Costa Rica como para EE UU.

**Tabla 11. Resultados de niveles de colesterol en muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica.**

Código	Peso Muestra	LECTURA	mg/100gr	Código	Peso Muestra	LECTURA	mg/100gr
1A	10.0013	34.78	<b>34.77</b>	9A	10.0041	34.54	<b>34.53</b>
1B	10.0030	38.05	<b>38.04</b>	9B	10.0075	33.84	<b>33.82</b>
2A	10.0050	44.83	<b>44.81</b>	10A	10.0051	39.64	<b>39.62</b>
2B	10.0007	26.97	<b>26.97</b>	10B	10.0044	36.69	<b>36.68</b>
3A	10.0046	20.38	<b>20.37</b>	11A	10.0013	33.66	<b>33.65</b>
3B	10.0057	19.58	<b>19.57</b>	11B	10.0054	39.78	<b>39.76</b>
4A	10.0072	25.80	<b>25.78</b>	12A	10.0074	41.42	<b>41.39</b>
4B	10.0049	24.59	<b>24.57</b>	12B	10.0020	39.41	<b>39.40</b>
5A	10.0019	56.38	<b>56.37</b>	13A	10.0036	41.84	<b>41.82</b>
5B	10.0028	43.47	<b>43.46</b>	13B	10.0094	32.81	<b>32.78</b>
6A	10.0038	36.46	<b>36.45</b>	14A	10.0056	36.88	<b>36.86</b>
6B	10.0074	35.53	<b>35.50</b>	14B	10.0027	34.26	<b>34.25</b>
7A	10.0035	7.57	<b>7.570</b>	15A	10.0066	36.23	<b>36.20</b>
7B	10.0038	8.18	<b>8.17</b>	15B	10.0044	27.20	<b>27.19</b>
8A	10.0071	6.17	<b>6.16</b>	16A	10.0045	19.07	<b>19.06</b>
8B	10.0088	9.25	<b>9.24</b>	16B	10.0044	15.80	<b>15.79</b>

**Tabla 12. Resultados de niveles de Colesterol en muestras de carne de animales provenientes de EE UU.**

Código	Peso Muestra	LECTURA	mg/100gr	Código	Peso Muestra	LECTURA	mg/100gr
1A	10.0023	28.28	<b>28.27</b>	9A	10.0059	46.56	<b>46.53</b>
1B	10.0033	25.29	<b>25.28</b>	9B	10.0037	48.76	<b>48.74</b>
2A	10.0033	32.95	<b>32.94</b>	10A	10.0042	49.08	<b>49.06</b>
2B	10.0034	31.97	<b>31.96</b>	10B	10.0073	49.46	<b>49.42</b>
3A	10.0056	32.53	<b>32.52</b>	11A	10.0024	40.11	<b>40.10</b>
3B	10.0046	28.09	<b>28.08</b>	11B	10.0009	44.50	<b>44.50</b>
4A	10.0025	30.38	<b>30.38</b>	12A	10.0048	45.58	<b>45.56</b>
4B	10.0058	31.93	<b>31.91</b>	12B	10.0038	44.60	<b>44.58</b>
5A	10.0090	30.76	<b>30.73</b>	13A	10.0076	39.41	<b>39.38</b>
5B	10.0076	26.32	<b>26.30</b>	13B	10.0068	36.27	<b>36.25</b>
6A	10.0090	26.18	<b>26.15</b>	14A	10.0061	37.16	<b>37.14</b>
6B	10.0094	29.35	<b>29.33</b>	14B	10.0085	34.26	<b>34.23</b>
7A	10.0023	49.69	<b>49.68</b>	15A	10.0069	35.57	<b>35.55</b>
7B	10.0019	49.04	<b>49.03</b>	15B	10.0012	31.60	<b>31.59</b>
8A	10.0038	55.11	<b>55.09</b>	16A	10.0048	33.19	<b>33.17</b>
8B	10.0035	49.08	<b>49.07</b>	16B	10.0062	37.72	<b>37.70</b>

## VII. DISCUSIÓN

La **Fuerza de Corte** fue menor para las muestras de EE UU, este hecho puede ser explicado, por el tipo de alimentación al que fueron sometidos los animales, así como por la edad en que fueron enviados al sacrificio, o quizá por el periodo de maduración al cual fueron sometidas las muestras antes de ser comercializadas, ya que, de acuerdo con lo encontrado por autores como Peluffo (56), la terneza de la carne está determinada por factores diversos, tales como la edad, el sexo y la alimentación; toda vez que la terneza de la carne disminuye al aumentar la edad del animal; refiriendo además que con un alto plano nutricional y un rápido crecimiento (invernadas intensivas, feed lots) se provoca un alto índice de síntesis de colágeno, de tal suerte que, con el nuevo colágeno sintetizado se diluye al antiguo colágeno estable al calor, haciéndolo en promedio más inestable y, por lo tanto, ello se va a ver reflejado en músculos con un mayor grado de terneza (lo cual se traduce también en la obtención de músculos con una menor resistencia al corte).

En cuanto al **Agua Total** las muestras provenientes de Costa Rica presentaron mayor cantidad, esta situación concuerda con lo reportado por Gil A, Huertas S. (28) quienes refieren que la carne proveniente de animales alimentados a base de pastura presentan una mayor humedad que los animales sometidos a un sistema en “feedlot”. Ello, a su vez, se relaciona posiblemente con el hecho de que las dietas a base de altas concentraciones de energía (tales como las ofrecidas en el engorde a corral) permiten incrementar las reservas musculares de glucógeno. De hecho, se ha señalado que cuando es posible suplementar con granos de cereales a los animales en pastoreo, durante su etapa de terminación, se almacena una suficiente reserva de glucógeno que se traduce en un adecuado comportamiento en la cinética de descenso del pH, con lo cual se regula también el grado de jugosidad final la carne (66). Es así como podrían ser interpretadas las diferencias en el grado de agua total para las muestras sometidas a estudio, toda vez que, como sabemos, en Costa Rica, predomina la explotación de los animales en condiciones de pastoreo, mientras que en los EE UU predomina el sistema de explotación intensiva de los animales a base de corrales de “engorda”.

Así mismo el comportamiento encontrado para la **Grasa** al igual que para el caso de

Agua Total, concuerdan con lo reportado por autores como Williams y col, 1983 (79) quienes señalan que, en un ensayo realizado para evaluar los efectos del sistema de alimentación sobre la calidad de la carne y composición lipídica de la misma se encontró que la grasa (medida en cm) presente en animales alimentados a base de forrajes fue de 0.7 a diferencia de los alimentados a base de granos que fue de 1.5; tales resultados concuerdan también con los que presentan Mandell *et al.*, (1998)(45), quienes indican que, si se somete al animal a un período de engorde constante, es posible encontrar diferencias significativas en el grado de engrasamiento, siendo menor el contenido de grasa intramuscular en las reses de los animales que reciben forraje solamente. Lo anterior, se ha tratado de explicar con base en el hecho de que las pasturas contienen cantidades superiores de precursores de ácidos grasos conjugados (CLA) comparadas con los granos de cereales, además de que a diferencia de dietas altas en concentrados, el ambiente ruminal de animales en pastoreo favorece la formación de precursores de tales CLA. Todo pareciera indicar que, dichos precursores, si bien son modificados durante su paso por el rumen, todavía son susceptibles de ser convertidos en CLA por acción enzimática en el tejido adiposo. Es así que, se llega a explicar porque la carne proveniente de animales explotados en condiciones de pastoreo presenta una proporción mayor de CLA en su composición. Además, se ha referido ampliamente acerca de que, con ello se favorece el valor nutracéutico (terapéutico) de la carne producida en sistemas de producción a pasto, pudiendo considerársela un alimento funcional al tener efectos positivos sobre la salud de quienes consumen cortes magros y en cantidades moderadas (66).

Los resultados obtenidos para **Proteína** coinciden con lo reportado por Williams y col. 1983 (79) quienes realizaron un estudio orientado a evaluar los efectos del sistema de alimentación sobre la calidad de la carne. En dicho estudio, se sometió a novillos Brangus x Hereford x Angus a un proceso de “terminación” empleando una dieta alta en grano, *versus* un programa a base de forraje con pastura de trigo en invierno y sorgo Sudán y pasto bermuda en verano. En tal caso se encontró que cuando los novillos eran alimentados a base de grano lograban un grado inferior en calidad al que le denominaban “low choice”, en tanto que los animales sometidos a pastoreo lograban un grado de calidad mayor denominado “high good”. Este estudio, reveló, además que, el peso de la canal, el rendimiento, así como el espesor de la grasa, el marmoleado y el grado de calidad, fueron mayores en los animales a grano mientras, por cuanto que, los

tejidos blandos de novillos terminados a base de pasto contienen más proteína y menos grasa.

Para el caso de **Colesterol**, el resultado coincide con lo encontrado por autores como Rosso et al., (1998) (65) quienes indican que la carne de reses de novillos Aberdeen Angus explotados en condiciones de “feedlot” presentaron valores mayores de colesterol, con respecto de los animales explotados en condiciones de pastoreo. Asimismo, en Uruguay, Gil y Huertas (1994) (28) observaron diferencias significativas en el contenido de colesterol en el músculo *Longissimus dorsi* de reses de novillos Hereford alimentados a base de pasto (54,92 mg/100 g) con relación a aquellas de novillos alimentados con grano (56,12 mg/100 g), de tal manera que, como se puede observar, fueron mas altos los valores de colesterol en los animales producidos bajo condiciones de explotación intensiva. En ese mismo sentido, García y Casal (1992) (26) indican que en estudios realizados con novillos se pudo determinar que el sistema de producción a base de pasto se refleja en muestras de carne con menores niveles de colesterol (66 mg/100 g) comparativamente con las muestras de carne proveniente de animales sometidos a un régimen alimenticio a base de grano (73 mg/100 g).

## VIII. CONCLUSIONES

De acuerdo al objetivo e hipótesis planteados a través del presente trabajo se concluye que:

1. Con respecto a la fuerza de corte de las muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica, éstas presentaron valores porcentuales mayores que las muestras de carne producidas en EE UU.
2. Con respecto a la composición química de las muestras de carne proveniente de animales producidos en Costa Rica, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para todos los parámetros evaluados, de tal manera que:
  - Con respecto a la **Humedad**, las muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica presentaron valores más altos que las muestras de carne provenientes de animales producidos en EE UU.
  - En cuanto a la cantidad de **Grasa** presente en las muestras estudiadas, aquellas provenientes de animales producidos en Costa Rica presentaron un menor porcentaje de dicho parámetro, con respecto de las muestras de carne proveniente de animales producidos en EE UU.
  - Por su parte, para la cantidad de **Proteína**, se encontró que las muestras provenientes de animales producidos en Costa Rica contenían concentraciones mayores de esta, comparativamente con las muestras de carne de animales producidos en EE UU.
  - Finalmente, en lo que se refiere a la cantidad de **Colesterol** presente en las muestras de carne proveniente de animales producidos en Costa Rica, este fue mas bajo que aquel encontrado en las muestras de carne producidas en EE UU.
3. Para todos los parámetros evaluados hubieron diferencias estadísticamente significativas, entre ambos grupos de muestras del producto.

## **IX. RECOMENDACIONES**

Se recomienda:

1. Continuar desarrollando estudios como el presente, tanto en Costa Rica, como en otros países que cuentan aun con poca información disponible, (tal como lo es el caso de México) la cual pueda seguir siendo generada dentro de nuestro propio medio
2. Tratar de realizar estudios bajo condiciones controladas de producción y sacrificio, a fin de determinar la reproductibilidad de los resultados obtenidos a partir del presente estudio
3. Estandarizar mejor la técnica de determinación cuantitativa de colesterol empleada dentro del presente estudio, validándola además con otras técnicas de referencia.
4. Dar a conocer información como la obtenida a través del presente estudio a médicos, nutriólogos y otros profesionales del área de la salud, a fin de que puedan tomar decisiones con base en información real y no con base en tablas generadas en otras latitudes.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. AOAC,1990.Oficial methods of analysis.15ed.AOAC, Virginia.Vol2
2. BAILEY, A.J. 1972.The basis of meat texture. J. of Food Sci. and Agric. 23: 995-1007.
3. BANDMAN, E. & T. BENNETT. 1988. Diversity of fast myosin Myosin Heavy chain expression in the pectoralis and semimembranosus muscle fiber of migrating bird heavy chain expression during development of gastrocnemius bicep brachii, and posterior latissimus dorsi muscles in normal and dystrophic chickens. Developmental Biology, 130: 220-231.
4. BAVERA, G. A. 2005.Calidad de la Carne. Curso de Producción Bovina de la Carne, FAyV UNRC.
5. BERG, R.T.; BUTTERFIELD, R.M. 1976.New concepts of cattie growth. Ed. Sidney. Univ. Press. Australia.
6. BERNAL DE RAMIREZ. 1993. Análisis de los Alimentos, Academia Colombiana de Ciencias exactos, físicos y naturales Colección Julio Carrizosa Valenzuela, Bogotá. No 2.
7. BOHAC, C. E., RHEE, K. S.; CROSS, H. R., ONO, K. 1988. Assessment of methodologies for colorimetric cholesterol assay of meats. J. Food. Sci., v. 53, p.1642-1644.
8. BOURNE M.C. 1982. "Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement". Academic Press Inc., USA.
9. BRAGAGNOLO N. 2001. Determinação de colesterol em carne: comparação de um método colorimétrico e um método por cromatografia líquida de alta eficiencia. Rev. Inst. Adolfo Lutz Brasil 60(1):53-57.
10. BRAGAGNOLO N. Aspectos comparativos entre carnes segundo a composição de ácidos graxos e teor de colesterol. II conferencia Internacional Virtual sobre Qualidade de Carne Suína, 05 de Novembro â 06 de dezembro de 2001- Via Internet.
11. CASSENS R.G., 1999.En: New Dewelopments in guaranteeing the optimal sensory quality of meat. Ed. F. Toldra y D. J. Troy. Foundations Vaquero, Spain. pp: 1-8.
12. CHAMBERS y colaboradores.2005.www.fao.org//DOCREP/005/x6909S/x69099s01.htp

13. Consejo Regional de Cooperación Agrícola (CORECA). 1998. Participación de los países del CORECA en las importaciones de carne vacuna realizadas por los Estados Unidos. 1995 – 1997. Costa Rica.
14. Colegio de Ciencias Agrícolas Recinto Universitario de Mayagüez Universidad de Puerto Rico Grupo de Trabajo en Bovinos para Carne, Departamento de Industria Pecuaria, “La Res Informativa” Vol. 4 Número1, Marzo 1999.
15. CLARK, K. A., MC ELHINNY, A. S., BECKERLE, M. C. AND C. C. GREGORIO. 2002. Striated muscle cytoarchitecture: an intricate web of form and function. *Annu. Rev. Cell Dev. Biol.* 18:637.
16. CORFOGA 2001. [www.corfoga.org](http://www.corfoga.org).
17. CORPORACION GANADERA, Boletín 2: Como debe cocinarse la carne en Costa Rica. Elaborado en colaboración con la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica Instituto Nacional de Aprendizaje: Núcleo de Turismo Subsector Gastronomía.
18. CONSIGLI R. 2001. ¿Qué es la calidad de la carne?, 6ª Jornada El negocio de la carne. La voz del campo EEA INTA. Manfredi. Universidad Católica de Córdoba.
19. DESCALZO, A.A., INSANI, E. M., MARGARIA, C. A., GARCÍA, P. T., JOSIFOVICH, J. AND PENSEL, N. A. 2000. Antioxidant status and lipid oxidation in fresh Argentine beef from pasture and grain-fed steers with vitamin E supra-nutritional supplementation. 46<sup>th</sup> International Congress of Meat Science and Technology. “Meat Diversifies Meat” Proceedings. Pp 562.
20. DEPETRIS, G., SATINI, F2004. Calidad de la carne asociada al sistema de producción. Grupo de Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto. INTA Estación Experimental Balcarce.
21. DRANSFIELD, E. 1980. Intramuscular composition and texture of beef muscles. *J. Sci. Food Agric.* 28:833-842.
22. El Salvador. Banco Central de Reserva. Revista Trimestral. Abril – mayo – junio, 2002.
23. ENSER, M., HALLETT, K. G., HEWETT, B., FURSEY, G. A. J., WOOD, J. D. AND HARRINGTON, G. 1998. Fatt acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat Science*, Vol. 49, N° 3, 329-341.
24. FAOSTAT, Agosto de 2003.

25. FLORES, H. O. El problema de los residuos tóxicos en salud pública; programa de control de la carne en México. V. Curso de Higiene y calidad de la carne, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. UNAM. División de educación continua. Depto. de Medicina Preventiva, 28 de Agosto al 9 de Septiembre del 2000.
26. GARCÍA P.T. and J.J. CASAL. 1992. Lipids in Longissimus muscles from grass or grain fed steers. *Proceedings 38th internacional congress of meat science and technology*:53
27. GEAY, Y., BAUCHART, D., HOCQUETTE, J. F. AND CULIOLI, J. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial of meat. *Reprod. Nutr. Dev.* 41:1-26.
28. GIL, A. y E. HUERTAS. 1994.  
<http://www.inac.gub.uy/inacingles/uruguayanbeef2.htm>
29. GUILLÉN R. 1998. La ganadería e industrias afines en Centroamérica. Unidad Regional de Asistencia Técnica (RUTA). Costa Rica.
30. GREGORIO, C. C., GRANZIER, H., SORIMACHÍ, H AND S. LABEIT. 1999. Muscle assembly: a titanic achievement? *Curr. Opin. Cell. Biol.* 11:18.
31. HEDRICK, H. B., W. C. Stringer, R. J. Epley, M. A. Alexander, and G. F. Krause. 1968. Comparison of factors affecting Warner-Bratzer shear values of beef steaks. *J. Anim. Sci.* 27:628.
32. HONIKEL, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat, *Meat Science* 49, pp. 447–457.
33. HULOT AND OUHAYOUN, F. 1999. Hulot and J. Ouhayoun, Muscular pH and related traits in rabbits: a review, *World Rabbit Science* 7 pp. 15–36.
34. INFORMES SOBRE CAFTA 2003, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Oficina de Políticas y Estrategias 74).
35. JARAMILLO ARANGO y colaboradores, V. Curso de higiene y Calidad de la Carne. FMVZ. UNAM. División de Educación Continua y el Departamento de Medicina Preventiva. 28 Agosto- 9 Septiembre del 2000.
36. KEANE, M.G.; MORE O'FERRALL, G.J.; CONNOLLY, J. 1989. Growth and carcass composition of Friesian, Limousin x Friesian and Bionde d'Aquitaine x Friesian steers. *Anim. Prod.*, 48: 353.
37. KOOHMARAIE, M., SHACKELFORT, S. D Y T.L. WHEELER. 2000. Las bases biológicas de la terneza de la carne. *Rev. Soc. Rural de Jesus Maria*, 118.

38. KOOHMARAIE, M., DOUMIT, M. E. AND T.L. WHEELER 1996. Meat toughening does not occur when rigor shortening is prevented. *J. Anim. Sci.* 74:2935.
39. LERENA C. A. 2003. La elaboración de carne picada y hamburguesas supercongeladas, según el decreto 4238/68, código alimentario Argentino y las normas conjuntas del mercosur comparadas, concordadas y comentadas. Reglamento de Inspección Decreto 4238/68 y modificatorias.1.1.16. Res. SENASA 368/2003 del 1/8/2003 - © Art. 247º) Carne.
40. LEVENE & CROSS, H. R., CARPENTER, Z. L. & SMITH, G. C. 1973. *J. Food Sci.*, 38, 998.
41. LONG, R. A. 2000. Carne y Grasa: Juntos son dinamita. Extracto de la importancia de la composición corporal en la producción de carne. Boletín del centro de Consignatarios Directos de Hacienda. 13(110):14-16.
42. LÓPEZ G. Y CARBALLO. 2001. Tecnología de la Carne y de los Productos Cárnicos. Ed. Mundi-Prensa, 1º Edición.
43. LÓPEZ, V. 2004. Tecnología de Mataderos. Ed. Mundi-Prensa.
44. LOZANO J. 2002. Universidad de Bogotá Métodos Volumétricos.
45. MANDELL I.B.; J.G. BUCHANAN-SMITH and C.P. CAMPBELL. 1998. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is controlled. *Journal of Animal Science.* 76:2619.
46. MARMER, W. N., MAXWELL, R. J. AND WILIANS, J. E. 1984. Effects of dietary regimen and tissue site in bovine fatty acid profiles. *J. Anim. Sci.* 59 (109-121).
47. MARSHALL, D.M. 1999. Genetics of meat quality. In: The genetics of cattle. R.F Fries and A. Ruvinsky. Ed. CABI. Publishing. New York. p 605.
48. MØLLER A. 1980. Analysis of Warner-Bratzler shear force pattern with regard to myofibrillar and connective tissue components of tenderness. *Meat Science*, 5, 247-260.
49. MONTGOMERY J., CARR M., KERTH C., HILTON G., PRICE B., GALYEND M., HORST R. AND M. MILLER. 2002. Effect of vitamin D supplementation level on the postmortem tenderization of beef from steers, *J. Anim. Sci.* 80:971.

50. MORGAN, J.B.; CALKINS, C.R.; MANDIGO, R.W. 1988. Effect of trim level, cooking method, and chop type on lipid retention, caloric content, and cholesterol level in cooked pork. *J. Food Sci.*, 53(6): 1602-1604.
51. MURRAY, A. C., AND A. H. MARTIN. 1980. Effect of muscle fiber angle on Warner-Bratzler shear values. *J. Food Sci.* 45:1428.
52. OUALI, A. 1992. Proteolytic and physicochemical mechanisms involved in meta texture development, *Biochimie*, 74,251-265.
53. PÉREZ, E. 2004. El acceso de pequeños y medianos ganaderos de carne a mercados dinámicos: El caso de Costa Rica. Michigan State University.
54. PEARSON, A. M. Y YOUNG, R B. 1989. Post mortem changes during convergían of muscle to meat. En: *Muscle and meat biochemistry. Food Science and Technology.* (Schweigert y Taylor, Eds.) Academic Press Inc., San Diego. p 391-434.
55. PEARSON, A. M. DUTSON, T.R. Postmortem conditioning of meat, en *Advances in Meat Research* (Pearson y Dutson eds) 1994. Avi Publishing Company. Wesport.45-72.
56. PELUFFO, M., MONTEIRO, M. 2002. Terneza: Una característica a tener en cuenta. Instituto Plan Agropecuario, Uruguay.
57. PRANDL O., FISCHER A., SCHMIDHOFER T., JÜRGENSINELL H. 1994. *Tecnología e Higiene de al carne*, Ed. Acribia, S. A. Zaragoza, España.
58. POMAREDA, C.; PÉREZ, E. 1998. La ganadería e industrias afines en El Salvador: Diagnóstico, desafíos y propuestas de acción. El Salvador. Beneficios económicos y ambientales. Costa Rica.
59. POMAREDA, C. 2000. STEINFELD, H. Intensificación de la ganadería en Centroamérica.
60. PRESCOTT, J.H.D.1966. The influence of different systems of beef production on carcass characteristics and meat quaiity. En: *Beef Production and Marketing*, R.Q. Cannell (Ed). Occasional Sympossium, núm. 2, Br. Grassid. Sco., 99.
61. PRICE, J.F.; SCHWEIGERT B.S. 1992. *Ciencia de la Carne y de los Productos Cárnicos*. Editorial Acribia. Zaragoza-España. Cap 1 y 2, p 1.
62. REALINI C., DUCKETT S., BRITO G., DALLA R., AND MATTOS D. 2004. Effect of pasture vs. concentrate feeding with without antioxidants on carcass characteristics, fatty acid composition, and quality of Uruguayan beef, en: *Meat Science*, 66:567-577.

63. RHEE, K. S. 2005. Fatty acids in meat and meat products. *Eni fatty acids in foods and their implications*. Ed. Kuang Chow, C. Marcel Dekker, Inc. New York, USA. Pp 65-93.
64. RUIZ P. 2005 La cadena de carne frente al TLC con EE UU, Banco Central de Ecuador, 8 de Marzo del 2005.
65. ROSSO O.; E. VILLAREAL; P. GÓMEZ; G. GAGLIOSTRO; P. GARCÍA; N. PENSEL; C. MARGARÍA; C. GONZÁLEZ; A. PAZOS; M.M. GALLINGER; F. CARDUZA; A.B. PICALLO; A. BIOLATTO; C. MACHADO; M.I. ZONCO MENGHINI y C. AGOSTINI. 1998. Modelos experimentales de engorde de novillos y su efecto sobre la ganancia de peso, parámetros sanguíneos, calidad de la res y niveles de grasa intramuscular y colesterol en la carne. INTA Balcarce, ITA, CICV INTA Castelar, UNCPBA Tandil & AACREA.
66. SANTINI, F. J., REARTE, D., GRIGERA, J. M. 1° Jornada de Actualización Ganadera, Balcarce. INTA, Balcarce; UNMdP y Becario de la Secretaria de Ciencia y Técnica (Foncyt) 2003.
67. SAVELL J. W., SHACKELFORD, S. D., KOOHMARAIE, M. CUNDIFF, L. V., GREGORY K. E. AND ROHRER, G. A. 1994. Heritabilities postrigor calpastatin activity, intramuscular fat content, Warner-Bratzler shear force, retail product yield, and grow rate. *J. Anim. Sci.* 72:857.
68. SCHWENTESIUS RINDERMAN, R.; GÓMEZ CRUZ, M. A.; WILLIAMS, G. W. TLC y agricultura. ¿Funciona el experimento? México. 1998.
69. SIMS, T. J. & BAILEY, A. J. 1981. In *Developments in Meat Science* (Vol. 2) ed. R. Lawrie. Applied Science Publishers, London, UK, p. 29.
70. SMITH, T. P. L., CASAS, E., REXROAD III, C. E., KAPPES, S. M. AND J. W. KEELE. 2000. Bovine CAPN1 maps to a region of BTA29 containing a quantitative trait locus for meat tenderness, *J. Anim. Sci.* 78:2589.
71. Secretaría del Consejo Agropecuario Centroamericano (SCAC). Situación actual y perspectivas comerciales de productos cárnicos y lácteos originarios de Uruguay. Implicaciones para Centroamérica. 1997.
72. SLOVER, H. T., THOMPSON, JR. R. H., DAVIS, C. S., MEROLA, G. V. 1987. The lipid composition of raw and cooked fresh pork. *J. Food Comp. Anal.*, v. 1, p. 38-52.
73. SORIA Y CORVA, 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternura de la carne bovina, Área de genética. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad de Buenos Aires, Argentina.

74. SUZUKI KANO H. SORIMACHI. 1998. A novel aspect of calpain activation. FEBS Letters 433:1.
75. TAYLOR; R. G., GEESINK, G. E. THOMPSON, V. F., KOOHMARAIE, M AND D. E. GOLL. 1995. Is Z-disk degradation responsible for postmortem tenderization? J. Anim. Sci. 73:1351.
76. SALAS V. W. 1999. Factores que influyen en la calidad de los alimentos. Universidad Nacional Agraria La Molina Centro de Investigación y Capacitación en Envases y Embalajes.
77. WARRISS, P. D. 2000. Meat Science: An Introductory Text. Ed. CABI Publishing. New Cork, Chapter 3 and 5, p 37 and p 93
78. WHEELER, T. L. AND M. KOOHMARAIE. 1994. Prerigor and postrigor changes in tenderness of ovine longissimus muscle. J. Anim. Sci. 72: 1232.
79. WILLIAMS y col, 1983. [www2.uah.es/bioquímica/f-bcpmh/practics/colester.htm-26k](http://www2.uah.es/bioquímica/f-bcpmh/practics/colester.htm-26k).
80. VACCAREZZA, L. 2002. La Guerra de la carne en los Estados Unidos: carne a pasto vs. Carne a grano. Noticias de los Mercados de la ARNE vacuna, Coordinación Mercados Ganaderos, SAGPyA.
81. VALENZUELA, A. B., SANHUEZA, J. C Y NIETO, S. K. 2002. Oxidos del colesterol (Oxisteroles): Factores que condicionan su formación, efectos biológicos, y su presencia en los alimentos. Laboratorio de Lípidos y Antioxidantes. Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Universidad de Chile.
82. [www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r22453.DOC](http://www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r22453.DOC) -
83. [www.inac.gub.uy/carne.htm](http://www.inac.gub.uy/carne.htm).
84. 75 [www2.uah.es/bioquímica/f-bcpmh/practics/colester.htm-26k](http://www2.uah.es/bioquímica/f-bcpmh/practics/colester.htm-26k)
85. [www.espacio\\_de\\_color\\_CIE-LAB.](http://www.espacio_de_color_CIE-LAB.) , Comisión Internacional de la Iluminación, clasificación de la carne.
86. [www.corfoga.org/html/preciosnacionales2007.php](http://www.corfoga.org/html/preciosnacionales2007.php)
87. [www.corfoga.org/html/cosechaphp](http://www.corfoga.org/html/cosechaphp)
88. [www.nass.usda.gov/Data\\_and\\_Statistics/Quick\\_Stats/](http://www.nass.usda.gov/Data_and_Statistics/Quick_Stats/)

## **XI. APÉNDICES**

### **APENDICE A**

#### *HUMEDAD*

Determinación de la humedad con Microondas:

Secado del papel

- 1) Se cortó el papel filtro de 12 cm a la mita, y se colocó en la parrilla para secado de vacío del microondas.
- 2) Se colocó la parrilla en la cubierta de vidrio y se metieron al microondas (programa de secado del papel filtro).
- 3) Una vez finalizado se espero 5 min. a que se enfriaran, se sacaron y se trasladaron a un desecador con absorbente de humedad.

Secado de la carne

- 4) En un papel filtro previamente secado y pesado, se colocó una muestra de aproximadamente 12gr de carne molida en cada papel y se anotó el peso exacto.



- 5) Se esparció la muestra por el papel filtro con ayuda de una espátula plana.
- 6) Se colocaron 12 muestras en la parrilla para secado al vacío en el microondas.
- 7) La parrilla se colocó en la cubierta de vidrio y se monto el microondas.
- 8) Una vez finalizado el ciclo se espero 15 min. a que se enfriaran, se sacaron, se pesaron.
- 9) El cálculo del porcentaje de humedad se realizo de la siguiente forma:

$$\%H = \frac{MH-MS}{MH-P}$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad

MH= Muestra húmeda en gramos

MS= Muestra seca en gramos

P= Papel en gramos

AOAC, 1990. Oficial methods of analysis. 15ed. AOAC, Virginia. Vol2. (1).

### *PORCENTAJE DE GRASA*

Extracción de la grasa con microondas:

- 1) Se utilizaron las mismas muestras de la determinación de humedad con la misma numeración.
- 2) La muestra ya seca se trituro en mortero.



- 3) Se pesó el frasco de teflón y se taró en la balanza analítica, se colocó la muestra dentro del frasco y se anotó el peso exacto.
- 4) Se colocaron en los frascos de teflón con 20 ml de éter dietílico (reactivo) y una pastilla de agitación y se cerraron e introdujeron en el microondas.
- 5) Se preparó el microondas con el termómetro de fibra óptica en el frasco correspondiente y se programó la extracción de grasa.



- 6) Al término del proceso se sacaron las muestras a menos de 25° C, se prosiguió a pesar, filtrar al vacío, enjuagar tres veces y evaporar las muestras por 5 min.
- 7) Pasar las muestras a la estufa precalentada a 30° C dejarlas por 10 hrs., enfriar y pesar. Calcular el porcentaje de grasa de la siguiente forma:

$$\frac{[(F + G) - F] * (1 - \%H)}{MS} * 100$$

AOAC, 1990. Oficial methods of analysis. 15ed. AOAC, Virginia. Vol2.

### *PORCENTAJE DE PROTEÍNA*

Determinación del Nitrógeno total (Kjeldahl)

Reactivos:

- Ácido sulfúrico 36N
- Ácido sulfúrico 2% estandarizado. Tomar una alícuota de 0.5555 ml de ácido sulfúrico 36N y aforar a un litro. Valorar con una solución de NaOH.
- Hidróxido de sodio 10N. Disolver 400g de NaOH en 750ml de agua destilada. Enfriar, trasvasar adicionar una punta de espátula de fenolfaleína y aforar a un litro.
- Ácido bórico 2%. Disolver 20g de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> en 900ml de agua destilada, adicionar 5 ml de indicador Shiro Tashiro. Aforar a un litro. Ajustar el color a un pH de 4.7.

Digestión

- Se utilizaron muestras de la determinación de humedad secas.
- Se trituraron con la ayuda de mortero y pistilo

- Se precalentó el bloque de digestión a 175°C
- Se corto el papel filtro sin ceniza de 12cm, en seis secciones y cada una de estas en tres.
- Se pesaron dos repeticiones de 0.1g exactamente de cada muestra y se colocó en un papel filtro previamente tarado, se anoto el peso.
- Se coloca la muestra envuelta en el papel filtro en un tubo de digestión de 100ml, junto con un cuarto de pastilla de catalizador, y 3 ml de ácido sulfúrico 36N, y colocarlos en el bloque de digestión. Es importante encender la capilla de extracción de gases antes de colocar los tubos.
- Dejarlos 30 minutos a 175°C, luego subir a 275°C y por último subir a 430°C y mantenerla por un tiempo de 1 hora, apagar el bloque y dejar enfriar.
- Las muestras deben presentar una coloración transparente verde celeste

#### Destilación

- Se encendió el vaporizador de agua y se disolvió con agua destilada la muestra en el tubo de digestión
- Se vertió la muestra dentro del equipo de destilación de Kjeldalh se le agregó 5 ml de solución 10N de NaOH, la muestra se torna azulada.
- Se recolecto la muestra en un Erleneyer de 250ml con 25 ml de H3BO3, 150 ml de destilado.

#### Valoración

- Se preparó una bureta de 50 ml, con la solución de H2SO4 0.02N
- Se valoró el destilado hasta el viraje de color de azul a rosado y se anotó el volumen utilizado en ml. Esta listo para hacer la lectura



- Se calculo el porcentaje de proteína de la siguiente forma:

$$\%P = \frac{(V * C_n) H_2SO_4 * 0.014 * 100 * 6.25}{p. m.}$$

p. m.

Donde:

C<sub>n</sub> = Concentración de ácido sulfúrico, en normalidad

%P = Porcentaje de proteína

V = Volumen consumido de ácido sulfúrico, en ml

p.m. = Peso de la muestra en gramos

0.014 = Peso del nitrógeno en mg/mol.

100 = Factor para calcular porcentaje

= Factor gravimétrico para convertir el nitrógeno en proteína

AOAC, 1990. Official methods of analysis. 15ed.AOAC, Virginia. Vol2

## APENDICE B

### *PORCENTAJE DE COLESTEROL*

Extracción de acuerdo con Bragagnolo:

Reactivos

- Cloroformo: Metanol (CHCL<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH)
- KOH en etanol al 12%
- Agua destilada

- Hexano

#### Procedimiento

- 1) Se corto la carne en cubos pequeños y se homogenizó en un procesador de alimentos hasta obtener una masa unida de la cual se pesaron analíticamente 10g de muestra en un papel encerado, se envolvió y se colocó en un embudo de separación de 500 ml.
- 2) Se adicionó al embudo 200 ml de la mezcla (CHCL<sub>3</sub>-CH<sub>3</sub>OH) (2:1) y se agito ininterrumpidamente durante 20 minutos liberando con frecuencia los gases producidos.
- 3) Se colocó 5 minutos en reposo el embudo o hasta que la muestra se sedimentó y se colectó en un beaker el extracto sin dejar salir la muestra sólida
- 4) Se tomo una alícuota de 5 ml en un tubo de ensayo de 100 ml y se seco sobre N<sub>2</sub> o rotavapor (O<sub>2</sub>)
- 5) Se adiciono 10 ml de KOH 12% en etanol, se colocó en baño maría a 80°C por 15 minutos agitando la muestra durante el proceso, al termino de este tiempo se agrego 5 ml de agua destilada, se agito y se dejó enfriar.
- 6) Se agrego al tubo 10 ml de hexano y se agito en votrex hasta que se formó una sola fase por más de 5 segundos, se trasvasó a un embudo de separación de 125 ml y se dejó que las fases se separaran.
- 7) Se devolvió la fase polar (inferior) al tubo original y se colectó la fase no polar (Superior con hexano) en un balón aforado de 25 ml.
- 8) Se repitió la extracción desde el punto 5), se reunieron en el balón las fases no polares. Se aforó con hexano y se agito
- 9) La muestra vira de color a café transparente y está listo para hacer la lectura.

#### Curva de calibración

- A partir del reactivo sólido de colesterol con un peso molecular de 386,66 con pureza de 99%, se pesó 0.5g y se disolvió con cloroformo hasta aforar a 100 ml obteniendo una solución de 5001µm/ml
- De esta solución madre se tomó una alícuota de 0.5 ml en un tubo de ensayo grande para secarla con N<sub>2</sub>.

- Se adicionaron 10 ml de la solución de KOH al 12% y se agito en votrex, se coloco en baño maría a 80°C agitando cada 5 minutos durante 20 minutos.
- Se agrego 5 ml de agua destilada y se deajo enfriar, luego se realizo la extracción, se adicionó 10 ml de hexano y se agito en votrex hasta mezclar los solventes, se transvasó a un embudo separador de 125 ml y se deajo en reposo hasta la separación de las partes.
- Se devolvió la fase polar al tubo de ensayo y el extracto de hexano se coloco en un balón de 25 ml aforado para realizar otra extracción con 10 ml de hexano, se reunieron los extractos de hexano en el balón y se aforó con hexano, obteniendo una solución de 100µg/ml.
- Se tomaron alícuotas en tubos de ensayo grandes de 0.635, 1.25, 1.875, 2.5, 3.75, 5.00ml (siendo las concentraciones de 25, 50, 75, 100, 150 y 200µg.) y se secaron con N<sub>2</sub>.
- Se desarrolla el color con sulfato ferroso (HOAC) y se lee.

Las condiciones para la lectura en espectrofotómetro para Bragagnolo son una longitud de onda de: 490 nm.

Para realizar la lectura:

- 1) Se toma en un tubo de ensayo pequeño 10 ml del extracto de hexano y secar sobre N<sub>2</sub>
- 2) Se adiciona 6 ml de ácido acetico con sulfato ferroso y se agita en votrex
- 3) Se agregan 2 ml de ácido sulfúrico concentrado y se agita nuevamente, se colocan los tubos en baño maría a 20°C durante 10 minutos.

AOAC, 1990. Oficial methods of analysis. 15ed. AOAC, Virginia. Vol2

## **APÉNDICE C**

### *FUERZA DE CORTE*

Se realizo el análisis de tipo mecánico mediante el uso de un texturómetro.

Las muestras están maduradas por un periodo de 14 días como mínimo en una cámara de refrigeración a 4°C.

Preparación y proceso de cocción:

- 1) Se cortó el bistec a  $-20^{\circ}\text{C}$ , con un grosor de una pulgada (2.5cm)
- 2) Se peso la muestra antes de la cocción para tener el peso inicial
- 3) Se colocó el termopar en el interior de la muestra de manera que quedó en el centro de la misma



- 4) Se preparó el horno graduado a  $163^{\circ}\text{C}$  y se reguló el termocoples, la regulación dependió del número de muestras que se introdujeron al horno y a la temperatura adecuada de cocción ( $71^{\circ}\text{C}$ )
- 5) Mientras se cocinan las muestras se instalo el sacabocado y el texturómetro Warner-Bratzler.
- 6) Alcanzada la temperatura que se requirió se extrajeron las muestras y se pesaron nuevamente, se calculo el porcentaje de perdida de peso de la siguiente forma:

$$\frac{P_i - P_f}{P_i} * 100 = \%PP$$

Donde

$P_i$  = Peso inicial en gramos

$P_f$  = Peso final en gramos

$\%PP$  = Porcentaje de perdida de peso

- 7) Se dejaron enfriar por una hora y se pasan por el sacabocados para hacer los cilindros en sentido a las fibras del corte
- 8) Ya cortadas todas las muestras se prepara el texturómetro:

- Se colocó un cilindro de muestra en el triángulo del TWB
- Se elevó la cuchilla y se calibra en 0.0
- Se presionó el botón de corte y se tomó la lectura en fuerza máxima en Kg de fuerza/cm<sup>2</sup>.



## APÉNDICE D

**Tabla 1. Composición química y fuerza de corte de cada una de las muestras de carne de animales provenientes de Costa Rica.**

No MUESTRA	%GRASA	%PROTEINA	%AGUA TOTAL	%COLESTEROL	FUERZA DE CORTE (Kg/cm <sup>2</sup> )
1	2.95	14.10	73.34	36.41	3.29
2	2.46	15.00	74.42	35.89	8.91
3	1.68	14.89	74.06	18.53	4.48
4	1.84	13.70	72.99	25.18	4.50
5	2.19	14.94	74.74	49.91	4.10
6	2.19	15.14	75.22	35.97	6.72
7	5.34	14.06	76.33	7.87	5.80
8	2.70	13.70	73.79	7.70	4.06
9	1.93	14.00	77.09	34.17	7.23
10	2.86	14.26	73.43	38.15	3.66
11	3.74	19.11	74.66	36.70	4.32
12	1.53	13.71	75.98	40.39	3.48
13	3.47	14.11	73.72	37.30	5.44
14	2.8	14.99	75.00	35.56	5.87
15	2.38	14.89	75.22	31.70	3.90
16	3.76	14.33	73.45	17.43	3.43

**Tabla 2. Composición química y fuerza de corte de muestras de carne de animales provenientes de EE UU.**

<b>No. MUESTRA</b>	<b>%GRASA</b>	<b>%PROTEINA</b>	<b>%AGUA TOTAL</b>	<b>%COLESTEROL</b>	<b>FUERZA DE CORTE (Kg/cm<sup>2</sup>)</b>
1	19.35	11.83	67.07	26.78	2.23
2	20.04	13.17	68.10	32.45	2.23
3	11.76	14.68	72.27	30.30	2.19
4	14.64	13.64	69.38	31.14	2.35
5	16.82	12.56	73.87	28.51	2.40
6	14.05	13.56	73.92	27.74	2.25
7	19.44	11.58	72.42	49.35	2.08
8	18.93	11.96	72.07	52.08	2.07
9	16.22	13.40	72.07	47.63	2.27
10	11.72	13.65	71.62	49.24	2.15
11	14.89	13.06	70.76	42.30	2.17
12	31.22	12.81	71.10	45.07	2.15
13	32.12	12.71	69.29	37.81	2.22
14	30.08	12.49	67.74	35.69	2.14
15	22.13	12.60	75.59	33.57	2.08
16	19.79	14.35	74.15	35.44	2.13