

**EVALUACION DE LA CALIDAD Y COMPOSICION QUIMICA DE LA CARNE DE RES PROVENIENTE DE ANIMALES DE DOS GRUPOS DE EDAD EN PUERTO RICO**

Por

Diana Santrich Vacca

Tesis sometida en cumplimiento parcial de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

En

Ciencia y Tecnología de Alimentos

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
PROGRAMA DE CIENCIA Y TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
2006

Aprobado por:

\_\_\_\_\_  
Raúl E. Macchiavelli, Ph.D.  
Miembro del Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Aixa Rivera, M.Sc.  
Miembro del Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Danilo Cianzio, Ph.D.  
Presidente del Comité Graduado

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Ernesto Riquelme, Ph. D.  
Representante de Estudios Graduados

\_\_\_\_\_  
Fecha

\_\_\_\_\_  
Edna Negrón de Bravo, Ph.D.  
Coordinadora del Programa

\_\_\_\_\_  
Fecha

## Abstract

The effects of cattle age, location and muscle upon organoleptic and chemical characteristics of raw and cooked beef were analyzed. Carcasses were separated into two age groups by number of permanent incisor teeth up to 4 and 5 or more teeth, in three slaughter houses located at the cities of Naguabo, Yauco and Arecibo, Puerto Rico. Meat samples were obtained from three muscles: *Longissimus dorsi* (“Lomillo”), *Semitendinosus* (“Lechón de mechar”) and *Semimembranosus* (“Masa redonda”). The samples were frozen and half of them were sent to the Meats Lab of the University of Florida, at Gainesville, for analysis of cholesterol and intramuscular fat content in raw beef. The remaining samples were analyzed at the Food Technology Lab of the University of Puerto Rico, at Mayagüez, to determine tenderness (Warner Bratzler shear force) and water, protein and intramuscular fat content in raw beef. Fat content and tenderness were also evaluated in cooked meat. Water, protein and cholesterol content and tenderness, either in raw or cooked beef, were not significantly affected ( $P>0.05$ ) by age of animals. Intramuscular fat, however, was affected by age ( $P<0.05$ ). Younger cattle (up to 4 permanent teeth) had less fat than older animals in both types of samples, raw (1.89 vs. 2.73%) and cooked (2.98 vs. 4.56%) that were analyzed at Mayagüez. Results from Florida of raw beef followed a similar pattern. Location had a significant effect ( $P<0.05$ ) on water content in raw meat and in tenderness in the cooked one. Naguabo samples had higher water content (75.05%) and were more tender (3.79 kg/1.27 cm $\Phi$ ) than those from Yauco and Arecibo. Muscle affected ( $P<0.05$ ) only the tenderness. *M. Longissimus* (“Lomillo”) was more tender than the other two muscles (1.53 kg/1.27 cm  $\Phi$ ) that were similar in this variable. Overall, protein content was 20.38% in raw beef. Interestingly enough, the mean cholesterol content (56.41 mg/100g) was

lower than the values reported elsewhere (70-75 mg/100g), attributed principally to the system of growing cattle under grazing tropical grasses. Based in the results of this study, it is important to mention to consumers that beef produced in Puerto Rico can be classified as moderate in tenderness and lean, with low content of intramuscular fat and cholesterol and, therefore, is a healthy meat for the general public.

## Resumen

En el presente estudio se analizaron los atributos asociados con la calidad de la carne bovina proveniente de animales de dos grupos de edad clasificados por dentición, hasta 4 incisivos y con 5 ó más, que corresponden a edades cronológicas hasta 2.5 años y 3 años ó más, respectivamente. Las muestras se obtuvieron en los mataderos de Arecibo, Naguabo y Yauco durante los años 2000 y 2001. Se escogieron tres músculos de cada media canal izquierda: Lomillo (*Longissimus dorsi*), Masa redonda (*Semimembranosus*) y Lechón de mechar (*Semitendinosus*). Se analizaron: terneza (Warner-Bratzler) en carne cruda y cocida, contenido de agua, proteína y grasa intramuscular en las muestras crudas. Un número igual de muestras se analizó para contenido de colesterol y grasa intramuscular en el laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida (Gainesville, EEUU). No se encontró efecto significativo ( $P>0.05$ ) de la edad sobre el contenido de agua, proteína, colesterol y las medidas de terneza por Warner-Bratzler. El contenido de grasa intramuscular de los animales hasta con 4 incisivos fue significativamente ( $p<0.05$ ) menor (1.89%) que la de los animales con 5 ó más incisivos (2.73%) en carne cruda y en carne cocida (2.98 vs 4.56% respectivamente) para las muestras analizadas en Mayagüez. Igualmente en los resultados obtenidos en carne cruda en Gainesville, los animales hasta con 4 incisivos presentaron significativamente ( $P<0.05$ ) menor contenido de grasa intramuscular (2.60%) que los animales con 5 ó más (3.48%). Los cortes procedentes del matadero de Naguabo tuvieron un contenido significativamente mayor ( $P<0.05$ ) de agua (75.05%) y la carne cocida resultó ser significativamente ( $P<0.05$ ) más tierna (3.79 Kg/1.27 cm $\Phi$ ) que las procedentes de Yauco y Arecibo. El promedio general de proteína en la carne cruda fue de 20.38% (base húmeda). El contenido promedio de colesterol fue de 56.41 mg/100 g

(base húmeda), menor que el informado en la literatura (70-75mg/100 g), lo que se adjudica principalmente al tipo de alimentación de los animales en base al pastoreo de gramíneas tropicales. El lomillo resultó ser significativamente ( $P < 0.05$ ) el más tierno (1.53 kg/1.27 cm $\Phi$ ) de los tres músculos evaluados por Warner-Bratzler en carne cruda. Se puede afirmar que la carne vacuna producida en Puerto Rico se puede clasificar como medianamente tierna con un bajo nivel de grasa intramuscular y de colesterol, lo que la caracteriza como un alimento magro y por ende, saludable para el consumidor.

**Derechos de autor Reservados©  
Diana Santrich Vacca y/o Danilo Cianzio  
2006**

## **Dedicatoria**

A mis padres Guillermo y Cecilia quienes son mi inspiración y siempre me alentaron a seguir adelante.

A mi ahijada y amada sobrina Alejandra, por estos años de ausencia.

A mis hermanas Magdalena, Luz Marina, Cecilia, Helen María y mis sobrinos Carolina, Diego Fernando, Michelle, Juan Camilo, Juan Daniel y a mi tía Enelia, por su aliento y apoyo durante los tiempos difíciles.

A mi amada Colombia.

## RECONOCIMIENTOS

A Dios por su amor que me lo demuestra cada día, que me regala y me permite apreciar una hermosa mañana, un atardecer precioso como los de Mayagüez en los meses de Octubre a Febrero o en las muchas noches estrelladas. Gracia por cada situación que se presentó en mi vida y que me permitió seguir creciendo y acercarme a El.

Me gustaría expresar mi gratitud al Dr. Danilo Cianzio por aceptarme como su estudiante graduada, por darme alientos cuando más los necesité, por servirme hasta de paño de lágrimas en mis momentos más difíciles y por sus enseñanzas, asesoramiento y paciencia para el desarrollo, preparación y redacción de esta investigación. Gracias por creer en mí. Al Dr. Raúl Macchiavelli por su guía para el análisis estadístico y la profesora Aixa Rivera por su apoyo y comentarios.

A la doctora Edna Negrón por escogerme en su programa y luego por permitirme desempeñarme como analista de los productos para el etiquetado nutricional. Muchas gracias por el apoyo y la confianza.

A mis padres Guillermo y Cecilia por su apoyo incondicional en todos los proyectos en que me he embarcado. Este logro es fruto de todos sus esfuerzos.

A mis hermanas y sobrinos por su constante apoyo.

A mi hermana Cecilia y su esposo Juan Carlos Ramírez por colaborarme siempre en todo, sin ellos esta meta no hubiera podido cumplirla.

A Ruth Mery que siempre estuvo pendiente de mí brindándome sus palabras de aliento y apoyo a pesar de la distancia

A María Lourdes Plaza por sus consejos y guía en la parte química. Pero, sobretodo, por lo más valioso: su amistad.



A Miguel Ruperto que siempre estuvo dispuesto a colaborarme con el mantenimiento de los equipos y por alegrarme cada día con sus jocosos comentarios.

A la doctora Madeline Velázquez, por su confianza, apoyo y amistad.

A la profesora Maritza de Jesús por su tiempo, dedicación y por compartir sus conocimientos en GC.

A Ladys, José, Laurita, José Leonardo y, por supuesto, mi ahijado Juan Luís que se convirtieron en mi familia aquí en Puerto Rico. Muchas gracias por su apoyo y amistad.

A mis amigos Karla, Amilcar, Lizbeth, Jorgito, Javier, Karina, Armando, Carlos, Margarita, Milena, Claudia y Carlitos. Muchas gracias por su apoyo incondicional y por los momentos que compartimos.

A Miguel Rivera y Carmen Withers por ayudarme a conseguir los materiales y equipos para culminar con los análisis de las muestras.

A Ivelisse Padilla y Verónica Sánchez, por permitirme ser instructora de los laboratorios de química y que me permitió descubrir una faceta en mí que desconocía.

A José Díaz por su colaboración y apoyo.

A Betsie y a Jackeline Rivera por estar siempre dispuestas a ayudarme.

Al señor Carlos Garay de la oficina de Estadísticas Agrícolas, por proveerme la información de una manera rápida y completa.

A Elvin Ronda y Lilian Cantizani por su eficiente colaboración.

A todas aquellas personas que de una u otra manera contribuyeron a la culminación de esta meta.



4.1.3 Determinación de terneza	30
4.1.4 Análisis estadístico	31
5. Resultados y discusión	34
5.1 Composición química de la carne	34
5.1.1 Contenido de agua	34
5.1.2. Proteína	37
5.1.3. Grasa intramuscular en carne cruda	40
5.1.4 Grasa intramuscular en carne cocida	46
5.1.5 Colesterol	49
5.2 Atributo de calidad: Terneza	54
5.2.1 Terneza por Warner-Braztler de carne cruda	54
5.2.2 Terneza por Warner-Braztler de carne cocida	58
6. Conclusiones	63
7. Recomendaciones	65
Bibliografía	67
Apéndices	75

## Lista de Tablas

Tabla 1. Número de muestras analizadas en Mayagüez	23
Tabla 2. Análisis de varianza para todas las variables medidas en Mayagüez	33
Tabla 3. Análisis de varianza para la variable colesterol y grasa cruda en Florida	33
Tabla 4. Promedios del contenido de agua de muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad con hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	37
Tabla 5. Promedios del contenido de proteína en muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	39
Tabla 6. Promedios del contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	42
Tabla 7. Contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cruda de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes. Resultados obtenidos en el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU.	45
Tabla 8. Contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cocida de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	49
Tabla 9. Promedio del contenido de colesterol en muestras de carne cruda de bovinos con hasta 4 y con 5 ó más incisivos permanentes. Resultados obtenidos en el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU.	53
Tabla 10. Valores de terneza por Warner Bratzler de muestras de carne cruda de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	57
Tabla 11. Valores de terneza por Warner-Bratzler de muestras de carne cocida de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes	62

## Lista de Figuras

Figura 1. Procesador de alimentos Cuisinart Pro Custom	24
Figura 2. Instrumento de destilación	27
Figura 3. Máquina Soxhlet (Tecator Soxtec System)	29
Figura 4. Toma de muestras para Warner-Bratzler	30
Figura 5. Instrumento Warner-Bratzler	31
Figura 6. Efecto de la localidad sobre el contenido de agua en músculos de bovinos	36
Figura 7. Efecto de la edad sobre el contenido de proteína en músculos de bovinos	39
Figura 8. Efecto de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en muestras crudas de músculos de bovinos	42
Figura 9. Interacción de edad x localidad para grasa intramuscular en carne cruda. Datos obtenidos en la Universidad de Florida, EEUU.	46
Figura 10. Efecto de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en muestras cocidas de músculos bovinos	48
Figura 11. Interacción edad x localidad para el contenido de colesterol en músculos bovinos	53
Figura 12. Efecto de la edad sobre la terneza por Warner-Bratzler de muestras de carne cruda de músculos bovinos	57
Figura 13. Efecto de la edad sobre la terneza por Warner-Bratzler en muestras de carne cocidas de músculos bovinos	61

## Lista de Apéndices

Tabla 12. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en muestras de carne cruda	75
Tabla 13. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína en muestras de carne cruda	75
Tabla 14. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda	76
Tabla 15. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda realizadas en el laboratorio de Florida	76
Tabla 16. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cocida	77
Tabla 17. Análisis de varianza para el contenido de colesterol en muestras de carne cruda	77
Tabla 18. Análisis de varianza para la terneza en muestras de carne cruda.	78
Tabla 19. Análisis de varianza para la terneza en muestras de carne cocida	78

## 1. Introducción

Comer constituye un proceso esencial para la conservación de la vida y pocos alimentos calman las molestias del hambre y satisfacen el apetito tan rápidamente como la carne (Forrest et al., 1979).

La carne se define como aquellos tejidos animales que pueden emplearse como alimento (Forrest et al., 1979). Principalmente se refiere al músculo de los mamíferos que ha sufrido ciertos cambios químicos y físicos después de la muerte. Además, la carne, con frecuencia implica un producto que incluye algo de tejido adiposo (grasa) y hueso (Fenemma, 1996). Si bien casi todas las especies animales pueden utilizarse como carne, la mayoría de las consumidas por el hombre procede de los animales domésticos y de los animales acuáticos (Forrest et al., 1979).

La carne, como tal, puede subdividirse en diversas categorías generales. La de mayor consumo es la roja que incluye principalmente las de vacuno, cerdo y ovino de diferentes razas (Forrest et al., 1979).

Durante el año fiscal 2003-2004, la producción de carne de res en Puerto Rico fue de 26.6 millones de libras (12.06 millones de kilogramos) (peso de la canal). Se importaron 160.8 millones (72.94 millones de kilogramos) de las que se exportaron 317 mil libras (143 mil kilogramos), por lo que 187.1 millones de libras (84.87 millones de kilogramos) de carne de res y ternera quedaron disponibles para consumo (Dept. Agric. P.R., 2004). La producción local de carne de res y ternera expresada como porcentaje de este total, fue de 14.21% mientras que las importaciones, expresadas de la misma manera, representaron el 85.79%. Por lo tanto, la producción local de carne bovina no abasteció el consumo, que se estimó en 48.16 libras por

persona al año (Dept. Agric. P.R., 2004). De hecho, sólo 6.8 libras de esta cantidad consumida provino de la producción local.

La participación de la producción local en el mercado de carne de res ha decrecido drásticamente de 37.56% (porcentaje del consumo) en el año 1975 a 29.42% en el año 2000 y 14.21% en el 2004 (Dept. Agric. P.R. 2004). Esto es una situación preocupante si lo que se pretende es colocar a la industria de la carne a la vanguardia nacional.

Los problemas principales de la industria de carne de res de Puerto Rico pueden resumirse, por lo tanto, en una escasa participación en el mercado consumidor, costos elevados y por ende, ganancias marginales desde el punto de vista económico. A todo esto se agrega la importancia relativa que presenta la industria lechera en su contribución a la de carne de res. Aquella aporta anualmente entre 20 a 22 mil vacas que se eliminan de los hatos por baja producción e infertilidad. En su mayoría son animales adultos, con 8 incisivos permanentes que desde el punto de vista cronológico significan 5 y más años de edad. Se estima que de las vacas sacrificadas, entre 85 a 90% provienen de la industria lechera con un aporte que fluctúa entre un 33% a 36% del total de libras de carne producidas localmente (Cianzio, 2001). Al provenir de animales adultos, esta carne es de inferior calidad por ser, en promedio, más dura.

La importancia de la carne deriva no sólo de su atractivo sensorial sino también de su elevado valor nutritivo. La composición de la carne varía considerablemente dependiendo de la cantidad de grasa, hueso y músculo incluidos en la pieza. La importancia nutritiva del músculo no deriva solo de que su contenido en proteína es muy elevado (21% promedio en base húmeda) sino también de que la calidad de la misma es muy alta pues contiene todos los aminoácidos en proporciones muy similares a las requeridas para el mantenimiento y desarrollo de los tejidos



humanos. Es también una fuente importante de minerales como hierro y zinc y de vitaminas del complejo B (Fenemma, 1996).

Las carnes bovinas se ofrecen, por lo general, al consumidor sin especificación de sus características organolépticas y de sus posibilidades de uso. El anonimato bajo el cual la carne se presenta a la venta es muy perjudicial en el sistema agroalimentario actual en el que el consumidor demanda un producto bien definido y caracterizado. Es razonable esperar variación en las cualidades de las carnes como consecuencia de la raza, edad y sexo de los animales, del sistema de alimentación y manejo y de los métodos de obtención y elaboración del producto. Garantizar la calidad de la carne no es tarea fácil por la multiplicidad de factores que la afectan. Sin embargo, la determinación de algunas variables relacionadas con las características organolépticas de la carne puede servir como una primera aproximación para caracterizar y normalizar su calidad.

Tanto los productores, procesadores, como el público consumidor desconocen las cualidades nutricionales de la carne de res local. Éste es un aspecto importante debido a la asociación negativa que tienen los productos animales con las grasas saturadas y el colesterol (Mertz, 1986). Sin embargo, el sistema de producción imperante en Puerto Rico basado en la utilización de forraje como fuente principal de alimento y la unidad básica que es el torete, macho joven sin castrar, permite obtener canales con bajo contenido de grasa. Este beneficio nutricional, unido a la mejora en la terniza, pondría a la industria de la carne de res en posición competitiva, ya que se estimularía más su consumo, incluso sobre la de carne importada y otras de especies diferentes.

Sin embargo, mejorar la industria de la carne de res en Puerto Rico es un reto muy difícil de lograr. Una manera de abordarlo, entre otras, es buscar formas de diferenciar el producto local

del importado, enfatizando aquellos aspectos favorables que sean atractivos al consumidor. Para ello hay que, primeramente, caracterizar la carne de res que se produce localmente para luego otorgarle una identidad propia, sobre todo desde el aspecto nutricional, que le brinde ventajas comparativas frente a otras carnes. Otra avenida complementaria a la indicada es estableciendo un sistema de clasificación que separe la carne por categorías de edad de los animales basado en la presunción de que a menor edad, mayor ternura de la misma.

Esta investigación persigue determinar las características o atributos relacionados con la calidad de la carne de res que se produce en Puerto Rico. Atributos como ternura, contenido de grasa y de proteína se determinarán a tales fines y, con el propósito de analizar la posibilidad de establecer un sistema simple de clasificación basado en la edad de los animales a la matanza se determinará el efecto de la edad sobre las variables anteriormente mencionadas. Ello, eventualmente, permitirá orientar la oferta y demanda del producto y por ende, contribuir a la modernización de esta industria.

## **2. Objetivos**

1. Tipificar la calidad organoléptica y la composición química de la carne de res producida en Puerto Rico.
2. Determinar si existen diferencias significativas en atributos de calidad de la carne entre animales de hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes que sirvan de base para establecer un sistema simple de clasificación.

### **3. Revisión de literatura**

La calidad de la carne bovina se define como el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento que permiten brindar al comprador un producto diferenciado a fin de que pueda escoger el que llene sus expectativas. Existen tres categorías asociadas a la calidad de la carne: el valor nutritivo (composición química), la seguridad (higiene y ausencia de contaminantes) y satisfacción al consumirla (mediante los sentidos) (Wood, 1990).

En general, cuando se hace referencia a la calidad de la carne bovina inmediatamente se tienen en cuenta variables como terneza, color, jugosidad, sabor, aroma y vida útil de la carne (Koochmaraie et al., 1997; Li et al., 2001; Pietrasik y Shand, 2004).

#### **3.1 Composición química de la carne.**

La composición química promedio del tejido muscular del bovino, libre de grasa subcutánea, consiste de agua (65-80%), proteína (16-22%), lípidos (1.5-13%), carbohidratos (0.5–1.5) % y cenizas (1%) (Forrest et al., 1979; Fenemma, 1996), pero son muchos los factores que afectan esta composición, particularmente la alimentación y la genética de los animales (Forrest et al., 1979; Fenemma, 1996; Serra et al., 2004).

El agua es el componente principal de los líquidos extracelulares y en ella se encuentran disueltos o suspendidos numerosos componentes químicos; por ello sirve como medio de transporte de nutrientes entre el lecho vascular y las fibras musculares. Las proteínas son el componente principal de la materia sólida de estas últimas. Generalmente se clasifican atendiendo fundamentalmente a su solubilidad en: sarcoplásmicas (mioglobina, hemoglobina y enzimas asociadas a la glucólisis, al ciclo del ácido cítrico y a la cadena transportadora de electrones), miofibrilares (entre otras, actina, miosina, tropomiosina troponina, actinina  $\alpha$  y  $\beta$ ,

proteína C y proteína M) y del estroma (constituyentes del tejido conectivo y proteínas fibrilares asociadas, que son comparativamente insolubles). En el músculo se encuentran, además de proteínas, otros componentes nitrogenados no proteicos (NPN) tales como aminoácidos, péptidos sencillos, creatina, fosfato de creatina, creatinina, algunas vitaminas, nucleósidos y nucleótidos, incluido el adenosintrifosfato (ATP). La composición lipídica de la carne se puede dividir en lípidos del tejido muscular y los propios del tejido adiposo. Los primeros se depositan en dos compartimentos diferentes. Algunos lípidos lo hacen dentro de la fibra muscular (intracelulares), pero la mayoría se localiza en el tejido adiposo asociado a los septos de tejido conectivo laxo que se encuentra entre los haces musculares; este último tipo de depósito graso se le conoce como veteado, marmoleo o “marbling”. El conjunto de ambos compartimentos constituye la grasa intramuscular (Forrest et al., 1979). En general se considera que los lípidos del músculo (grasa intramuscular) tienen un grado superior de insaturación que los del tejido adiposo (Piironen et al., 2002). Por otra parte la oxidación de los ácidos grasos altamente insaturados que se encuentran en la membrana de la fibra muscular puede ser muy importante en algunas de las reacciones de deterioro de la carne (Fenemma, 1996). Morrissey et al. (1998), afirman que al incrementarse el grado de insaturación de estos lípidos musculares se reduce su estabilidad oxidativa.

En años recientes, el contenido relativamente elevado de ácidos grasos saturados del músculo de mamíferos ha sido fuente de controversia acerca de su papel en la producción de ciertas formas de arteriosclerosis. Sin embargo, hasta la fecha no existe evidencia científica firme que demuestre que las grasas del tejido muscular son perjudiciales para la salud cuando se consumen en cantidades razonables. El colesterol es el esteroles más abundante en los tejidos animales y se sintetiza a partir de acetil-coenzima A, siendo el hígado el principal lugar de síntesis (Stryer, 1988). Así como sucede con la totalidad de los lípidos del plasma sanguíneo, el

colesterol se encuentra asociado con proteínas formando complejos lipoproteicos que aseguran su transporte. Su metabolismo incluye la producción de ácidos biliares y de hormonas esteroides, tales como progesterona, testosterona, estradiol y cortisol (Stryer, 1988), o es un precursor de vitamina D. Su excreción se realiza principalmente como esteroides en la bilis (Aranda et al., 2002). El contenido promedio de colesterol de la carne fluctúa entre 70 y 75 mg/100g por debajo del que se considera no deseable para el hombre (Fenemma, 1996). Se requiere ingerir 400 g de carne bovina al día para alcanzar el límite máximo de 300 mg recomendado por los dietistas (Jiménez, 2000).

La grasa es una excelente fuente de energía, para los primeros cazadores o pobladores del mundo éste fue un atributo muy valorado de la carne, particularmente la de mamíferos. En la actualidad, los hábitos alimenticios de los humanos han cambiado y, en muchos de los países económicamente desarrollados, se estimula la reducción en la ingestión de grasa animal. Desde el punto de vista de salud humana una dieta alta en grasa se considera indeseable, principalmente por su vínculo con el colesterol y su asociación con enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, este énfasis se ha modificado a la luz de estudios recientes, en los que se destaca la importancia de la composición o tipo de grasa más que su cantidad (Warris, 2000).

El contenido de carbohidratos de la carne es muy bajo y el del glucógeno, que es el carbohidrato del músculo más importante, fluctúa entre 0.5 y 1.3%. Los carbohidratos restantes son mucopolisacáridos asociados al tejido conectivo, glucosa, otros mono y disacáridos y los intermediarios del metabolismo glucolítico (Aberle et al., 2001).

La carne también es una importante fuente de vitaminas del complejo B particularmente tiamina, niacina, riboflavina, piridoxina y cianocobalamina. También es una fuente de vitamina A cuyo contenido es mayor que las de las otras vitaminas liposolubles. La carne es rica en hierro,

cobre, zinc y selenio. El hierro en la carne tiene alta biodisponibilidad y se encuentra asociado a la proteína mioglobina. Esta proteína es la que provee oxígeno y le da color al tejido muscular rojo. Por su contenido en hierro de alta disponibilidad, la carne se considera una fuente inestimable de este mineral en la dieta humana (Pearson y Gillet, 1999). La deficiencia de hierro es la más común en el mundo (Warris, 2000). La carne es relativamente pobre en calcio (con aproximadamente 100 mg/ 100 g) y contiene generalmente 60 a 90 mg de sodio y 300 mg de potasio/100 g de carne fresca. Como los minerales y vitaminas solubles del complejo B están presentes en la porción magra de la carne, su concentración varía dependiendo de la cantidad de tejido graso y hueso de cada pieza de carne así como del proceso de cocción (Fenemma, 1996).

### **3.2 Terneza**

La terneza se puede definir como la capacidad de la carne para dejarse cortar y masticar. A ella contribuyen las proteínas miofibrilares y sarcoplásmicas, las del tejido conectivo, principalmente el colágeno. Las características del colágeno dependen del tipo de músculo y del animal, particularmente de su edad al sacrificio. Las condiciones de almacenamiento *postmortem* de la canal así como el manejo *antemortem* del animal son también factores determinantes de la terneza en la medida que afectan el estado de las proteínas miofibrilares y el metabolismo anaeróbico de la fibra muscular (Kerr et al., 2000; Aberle et al., 2001; Garriz, 2001).

Los consumidores consideran la terneza como uno de los más importantes componentes de la calidad de la carne. Este hecho es fácilmente confirmado por la relación positiva entre el precio del corte de carne y su terneza (Koochmaraie et al., 1997; Li et al., 2001; Pietrasik y Shand, 2004).

La impresión de ternera consiste de al menos tres componentes. El primero tiene que ver con la facilidad con que los dientes se clavan dentro de la carne cuando comienza la masticación. El segundo se asocia con la menor o mayor dificultad de romper la carne en fragmentos y el tercero a la cantidad de residuos que quedan después de masticar (American Meat Institute Foundation, 1960; Lawrie, 1991, Aberle et al., 2001).

La producción de fragmentos puede muy bien reflejar la resistencia de las fibras a romperse, mientras que la cantidad de residuo dependería de la cantidad de tejido conectivo presente en la carne (American Meat Institute Foundation, 1960).

Se ha demostrado que existe una amplia variación en la ternera entre músculos del mismo animal, así como dentro de un mismo músculo. En general, algunos músculos contienen un mínimo contenido de tejido conectivo tal como el *Psoas major* que es el más tierno y otros con mayor cantidad son menos tiernos, como ocurre con los músculos distales de las piernas (American Meat Institute Foundation, 1960). Debido a la inconsistencia en la ternera se ha hecho especial énfasis, en los últimos años, en determinar los factores biológicos que la regulan, justificándose en el hecho de que es el principal problema que enfrenta la industria de la carne, no sólo en Estados Unidos sino también en Puerto Rico (Koohmaraie et al., 1997; Acevedo, 2004).

Los muchos factores que influyen la ternera de la carne pueden dividirse en dos grandes grupos: *antemorten* y *postmortem*. Los *antemorten* incluyen características genéticas, factores fisiológicos, alimentación y prácticas de manejo de los bovinos. Los factores *postmortem* incluyen tiempo y temperatura de refrigeración después del sacrificio (maduración de la carne), métodos de trozado y de cocción así como la adición de agentes ablandadores (American Meat Institute Foundation, 1960; Destefanis et al., 2000; Maher et al., 2004; Olivan et al., 2004)



### 3.2.1. Factores *antemortem* que influyen en la ternera

i. **Sexo.** Varios estudios han determinado que, en general, la ternera es menor en machos enteros que en machos castrados, registrándose los mayores valores en las hembras debido a que presentan mayores niveles de engrasamiento que los machos castrados y sobre todo, que los machos enteros, a la misma edad cronológica (Peluffo y Rodríguez, 2002). Sin embargo, se ha demostrado que el nivel de engrasamiento, particularmente a nivel del músculo (“marbling”) explica muy poco de la variación en la ternera ( $r = 0.2$ ) y se le asocia más con la jugosidad de la carne cocida ( $r = 0.4$ ). El hecho de los machos enteros presenten carne más dura se debe a un efecto hormonal (andrógenos) que aceleran la maduración del colágeno por lo que, a la misma edad cronológica, hay mayor número de enlaces inter e intramoleculares en dicha proteína que en machos castrados y hembras (Aberle et al., 2001).

ii. **Alimentación.** Un alto plano nutricional que provoca un rápido crecimiento estimula la síntesis de colágeno. El nuevo colágeno diluye al antiguo que es más estable al calor haciéndolo, en promedio, más inestable, resultando de esta forma en un músculo con mayor ternera (Depetris, 2000; Peluffo y Rodríguez, 2002). Listrat et al. (1999) encontraron que en el músculo *semitendinosus* de animales alimentados con pasturas contenía cantidades y proporciones significativamente mayores de colágeno soluble que aquellos de animales alimentados con ensilaje y para el músculo *longissimus thoracis* presentaron una tendencia similar pero las diferencias no fueron significativas.

iii. **Genética.** La heredabilidad de una característica se define como la transmisibilidad de la misma de padres a hijos, por lo que características que presentan alta heredabilidad es esperable que se transmitan genéticamente de generación en generación. Las

dos herramientas clásicas de mejora genética son la selección dentro de razas y los cruzamientos entre ellas. Se ha encontrado que la terneza tiene una alta heredabilidad, 50 a 60%, por lo que es una característica que se puede mejorar por vía genética (American Meat Institute Foundation, 1960).

**iv. Prácticas de manejo.** Los factores estresantes previos al sacrificio de los animales, independientemente de su naturaleza, provocan la liberación de hormonas adrenales y una disminución del glicógeno de reserva lo que provoca descensos anormales de pH. Ello afecta el color de la carne, los denominados cortes secos, firmes y oscuros (DFD), la vida útil por el posible mayor crecimiento microbiano y en menor grado, la terneza del músculo (Aberle et al., 2001).

**v. Edad.** La terneza se encuentra claramente afectada por la edad. A edades tempranas, aunque el animal no tenga el desarrollo muscular deseado ni la cantidad de grasa de cobertura e intramuscular óptima, la carne es más tierna (Wilson et al., 1981). En parte ello se debe a que existe mayor proporción de colágeno soluble con menos enlaces interfibrilares, todo lo cual favorece la terneza del músculo. La mayoría de las investigaciones concuerda en que las diferencias en la terneza se producen entre los 18 y 42 meses de edad. A mayor edad menor terneza. Entre los 42 y 90 meses no se han detectado diferencias notorias en la terneza (Depetris, 2000). Shorthose y Harris (citados por Boles y Swan, 2002) encontraron una disminución en la terneza de todos los músculos con el incremento de la edad de los animales de 10 a 60 meses. Atribuyeron esta disminución a los cambios del colágeno más que al de las miofibrillas. La disminución ocurrió dentro de los 2 años para músculos como el *Semibremanosus*, *Bíceps femoris* y *Semitendinosus*. Para el *Longissimus dorsi* y *Gluteus medius* ello no se observó hasta

que el animal tuvo 4 años de edad. Otros estudios han establecido que los animales jóvenes contienen relativamente más colágeno total que aquellos de edad avanzada, con enlaces covalentes más lábiles entre las moléculas de tropocolágeno. Estos enlaces se van tornando más estables a medida que el animal avanza en edad. Este descenso en la proporción de enlaces covalentes lábiles es directamente responsable del aumento en la estabilidad termal del colágeno intramuscular, por ende, de la reducción en su solubilidad y aumento en la dureza de la carne. La cantidad y naturaleza del colágeno en los cortes de carne están generalmente asociados con su dureza (Bernal y Stanley; Gerrard, Beltran, Smith y Judge citados por Pagan, 1997; Aberle et al., 2001).

**vi. Textura.** Se puede definir como una función del tamaño de los haces de fibras separadas por el perimio, capa del tejido conectivo que divide el músculo longitudinalmente. Músculos de textura gruesa tienen en general una tasa de crecimiento post-natal como el *semimembranosus* respecto a los que presentan textura más fina como el *semitendinosus* ambos de la pierna trasera. El tamaño de los haces está determinado tanto por el número como por el diámetro de las fibras (Bailey y Light, 1989). La textura o “grano” del músculo se incrementa con la edad, siendo más evidente en aquellos con textura gruesa. En general, los músculos con textura gruesa predominan en animales hembras y en aquellos de esqueleto grande; la raza también ejerce su efecto (Aberle et al., 2001). El tamaño de los haces de fibras no es solo el factor determinante de la textura del músculo. La cantidad y espesor del perimio que rodea cada haz es importante y se ha observado que la capa perimisial es más densa en los músculos con textura gruesa (Lawrie, 1991). Dado que aspectos del tejido conectivo definen la textura del músculo, podría esperarse una correlación directa entre el diámetro de la fibra y su dureza

después de la cocción. Sin embargo, se ha observado que la asociación entre el diámetro de la fibra muscular y la terneza es mediana a baja, sobre todo cuando se corrige por contenido de tejido conectivo. Tales observaciones enfatizan en la complejidad de la textura como atributo de calidad (Lawrie, 1991; Kerr et al., 2000; Oliván et al., 2004). Aquellos músculos que realizan ejercicios vigorosos durante la vida del animal, como el *Biceps femoris* o el *Semitendinosus* de la pierna trasera, presentan una textura gruesa y acumulan cantidades significativas de tejido conectivo para facilitar aquella actividad. Por otro lado, un músculo poco ejercitado en vida como el *Psoas major*, posee textura fina y mayor terneza. Los músculos con textura más gruesa son menos tiernos que los de textura fina y requieren de métodos culinarios especiales para degradar su tejido conectivo (Forrest et al., 1979). Aunque la cantidad de tejido conectivo no aumenta en términos relativos, a edad avanzada se hace mayor su contribución a la textura del músculo a lo que se agrega el aumento en el diámetro de las fibras musculares que ocurre a medida que los animales envejecen. De aquí la necesidad de poner un especial cuidado en el método de cocción de este tipo de carne para asegurar que resulte blanda (Aberle et al., 2001).

### **3.2.2 Factores *postmortem* que influyen en la terneza.**

**i. Tiempo y temperatura de almacenamiento.** El nivel de terneza depende del grado de activación de un complejo enzimático llamado Calpaínas-Calpastatinas responsable de la degradación de las fibras musculares *postmortem*. El margen de temperatura de almacenamiento donde ocurre la mayor actividad enzimática es de 10 a 25 °C. En términos generales, a mayor temperatura de almacenamiento mayor serán las posibilidades de obtener carne más tierna. Esto permite el uso de alternativas para modificar la terneza durante la

refrigeración de la carcasa (Peluffo y Rodríguez 2002). Sin embargo, a temperaturas más elevadas, se aumenta el riesgo de contaminación y crecimiento microbiano (Aberle et al., 2001)

**ii. Maduración.** Al momento de la muerte, el músculo es flácido y altamente extensible. Luego durante las primeras 12 a 24 horas *postmortem*, se vuelve inextensible y rígido, originando el fenómeno que se conoce como *rigor mortis*. La rigidez es consecuencia de la formación de enlaces cruzados entre filamentos de actina y miosina, los que, sin la presencia de energía (ATP), son irreversibles (Koohmaraie et al., 1997; Boles y Swan, 2002). La carne en pre-rigor es bastante tierna y se va endureciendo progresivamente a medida que se completa el *rigor mortis* para luego aumentar su ternura a medida que se prolonga el período de maduración. Durante este período, la ternura de la carne se mejora debido a una proteólisis *postmortem* de las proteínas miofibrilares que conduce a una fragmentación de la fibra muscular. Se rompen los discos Z a nivel del sarcómero de las miofibrillas por acción de enzimas endógenas dependientes del calcio, conocidas como el sistema proteolítico de las calpaínas (Koohmaraie et al., 1997; Boles y Swan, 2002). Cuanto más días se deje madurar la carne, mayor será el tiempo de acción de dicho sistema, por lo que habrá más degradación de las fibras y la ternura de la carne será potencialmente mayor. Diversos estudios han determinado que 14 días de maduración *postmortem* a 5 °C es suficiente para ablandar la carne. Más tiempo aumenta el riesgo de desarrollar olores y sabores desagradables por causas diversas (Koohmaraie et al., 1997; Aberle et al., 2001).

**iii. Refrigeración.** Conserva el tejido muscular retardando el desarrollo de los microorganismos y lenteciendo muchas de las reacciones químicas y enzimáticas y, por ende, prolongando la vida útil de la carne. La velocidad de la glicólisis pre-rigor del músculo vacuno

es mayor a 0°C que a 5°C. Ello estimula un descenso más rápido del pH que actúa como barrera contra el crecimiento bacteriano. En general, es deseable para la carne fresca una temperatura de almacenamiento lo más baja posible por encima de la de congelación, controlando la humedad relativa del aire en la cámara, ya que si se produce una pérdida considerable de humedad en la superficie de la carne, la disminución del peso de la canal puede alcanzar importancia económica. Además el pigmento de la carne, la mioglobina, se oxida a metamioglobina, de color marrón oscuro, que no es agradable a los ojos del consumidor (Aberle et al., 2001). No obstante, es deseable una pequeña pérdida de humedad superficial puesto que ello tiende a retardar el desarrollo de los microorganismos (Lawrie, 1991). El descenso de la temperatura a valores próximos a 0°C no necesariamente reduce la actividad de todas las enzimas del tejido muscular. Se ha comprobado que en algunos animales se produce una adaptación de enzimas a temperaturas bajas (Fenemma, 1996). La temperatura de refrigeración que se considera como crítica para la manipulación y almacenamiento de la carne y no debe superarse en ningún momento, sin una pérdida sustancial de la calidad y aspecto de la carne es 5 °C (Lawrie, 1991).

**iv. Congelación.** Es un excelente procedimiento de conservar la calidad de la carne durante periodos prolongados de tiempo. Su eficacia radica en la deshidratación interna de la célula (formación de cristales de hielo) por el descenso de la temperatura debajo de 0°C. La retención o pérdida de la calidad de los tejidos durante la conservación en congelación puede estar relacionada con la técnica de congelación y/o con sus características intrínsecas. (Fenemma, 1996). Un problema derivado de una congelación inadecuada (lenta) y un almacenamiento incorrecto (demasiado prolongado o temperaturas elevadas) es la aparición de un exudado excesivo durante la descongelación. Cuando el tejido muscular se congela rápidamente se

forman cristales de hielo pequeños, tanto intra como extracelularmente. Si el músculo se congela lentamente se generan cristales de hielo extracelulares muy grandes y la consiguiente compresión de las fibras musculares. Aunque la congelación rápida ocasiona una menor desnaturalización de las proteínas que la producida por la congelación lenta, las velocidades de congelación intermedia pueden ser menos beneficiosas que la congelación lenta a juzgar por los cambios texturales y la solubilidad de la actomiosina (American Meat Institute Foundation, 1960; Fenemma, 1996; Mortensen et al., 2006). La blandura de la carne está influenciada por los procedimientos de congelación y manipulación posterior. La fuerza de cizalla (Warner-Bratzler) requerida para cortar un trozo de músculo post-rigor es menor cuando se congela y almacena a  $-3^{\circ}\text{C}$  durante 28 días que si se madura a  $15^{\circ}\text{C}$  durante 3 días (Fenemma, 1996). Es posible que las reacciones enzimáticas se aceleren durante la congelación debido a la concentración de cofactores o a la ruptura de las membranas que permite a las enzimas interacciones con los sustratos más fácilmente que en el músculo sin congelar (Fenemma, 1996). La carne de vacuno no se debe congelar en estado pre-rigor, ya que de hacerlo se contrae intensamente al descongelarlo y se torna duro y exudativo (Aberle et al., 2001). Generalmente las enzimas no son totalmente inactivadas por los procesos de congelación ya que algunas continúan funcionando en el tejido animal. Aquellas que continúan activas durante la conservación en congelación a largo plazo son las que actúan sobre los lípidos, tales como lipasas y fosfolipasas, liberando ácidos grasos que eventualmente pueden oxidarse alterando, por rancidez, la calidad comestible de los tejidos (Fenemma, 1996). Otro fenómeno conocido en la relación temperatura-terneza en la carne enfriada pre-rigor a  $0^{\circ}\text{C}$  tiene que ver con el acortamiento de las fibras, endureciéndola notoriamente. Se le llama contracción por frío o “cold shortening”. Dicho acortamiento del músculo de ganado vacuno es mínimo entre  $14$  y  $20^{\circ}\text{C}$  (Fenemma, 1996). Este fenómeno

puede evitarse demorando el enfriamiento del centro de la masa muscular y se ha sugerido que en esta zona la temperatura interna no debe ser inferior a  $13\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$  antes de  $13 \pm 3$  horas después de la muerte del animal (Garriz, 1994).

v. **Cocción de la carne.** La preparación de la carne es un factor de gran importancia para que la carne potencialmente tierna se concrete como tal en el paladar del consumidor e incluso mejorar aquella más dura. Del mismo modo, si el método de cocción no es el adecuado, se puede reducir la ternura de cortes naturalmente tiernos como el filete (*Psoas major*). Por lo tanto, es muy importante que la carne sea correctamente cocinada, atendiendo el tiempo y la temperatura de cocción que corresponden a cada corte. En términos generales, las carnes ricas en tejido conectivo se cocinan por más tiempo a temperatura relativamente baja y en medio acuoso. Por el contrario carnes pobres en tejido conectivo se cocinan a temperaturas elevadas por corto tiempo (Hedrick et al., 1994). Durante la cocción ocurren dos cambios generales: la fibra del músculo se acorta y endurece y la del tejido conectivo se ablanda e incluso, puede transformarse en gelatina (American Meat Institute Foundation, 1960). La ternura de la carne cocida está influenciada por diversos factores incluyendo los diferentes tipos de fibras musculares (Valin, citado por Listrat et al., 1999) y la cantidad y solubilidad del colágeno (el mayor componente del tejido conectivo intramuscular). La solubilidad del colágeno está determinada por diversos factores incluyendo el tipo de colágeno presente en el tejido conectivo intramuscular (endomisio y perimisio). Diferentes tipos de colágeno han sido detectados, siendo los dos principales el tipo I y tipo III (Harper et al., 1999; Listrat et al., 1999). Existe confusión respecto a la importancia de estos tipos en la textura de los músculos. Aquellos más duros tienen altas proporciones del colágeno tipo III (Listrat et al., 1999); otros autores han reportado resultados contrarios (Burson y



Hunt, 1986) o no han encontrado relación entre estos dos tipos de colágeno (Light, 1987, Bailey y Light, 1989).

El calentamiento del tejido muscular produce cambios profundos en su aspecto y en sus propiedades físicas, cuya intensidad depende de las condiciones tiempo-temperatura impuestos. La  $\alpha$  actinina es la proteína muscular más termolábil, insolubilizándose a 50 °C. Las cadenas pesadas y livianas de la miosina se insolubilizan a unos 55 °C y la actina a 70-80 °C, siendo éstas las proteínas más abundantes e importantes de la miofibrilla. Las proteínas del músculo más termoestables son la tropomiosina y troponina que se insolubilizan a unos 80 °C (Fenemma, 1996). Los filamentos de conectina que están situados paralelamente a los de actina y miosina, constituyen el único componente de la banda I que resiste el calentamiento y su fuerza tensil es en gran medida la responsable de la dureza residual de las proteínas miofibrilares de la carne cocinada. Cuando el tejido muscular se calienta gana en firmeza al tiempo que las proteínas se desnaturalizan, proceso que avanza al ir elevándose la temperatura. Sin embargo, este endurecimiento progresivo de las proteínas contráctiles se ve contrarrestado por las alteraciones concomitantes del colágeno, que tiende a ablandarse. La temperatura a la que comienzan los cambios del colágeno es de 50 °C para los animales jóvenes y de 60 °C para los animales viejos (Bailey y Light, 1989; Fenemma, 1996).

**vi. Estimulación eléctrica.** Consiste en someter la canal a una corriente eléctrica antes que los músculos entren en *rigor mortis*. Su efecto depende de varios factores, entre ellos, el voltaje, frecuencia y duración del estímulo eléctrico (Aberle et al., 2001). En esencia, el “shock” eléctrico, actúa del mismo modo que el impulso eléctrico nervioso en el animal, aunque magnificado, produciendo una fuerte contracción de todos los músculos. La consecuencia es un

desarrollo más rápido del *rigor mortis*, un descenso más rápido del pH, un mejor color y menor dureza de algunos músculos. El contenido de compuestos intracelulares con grupos fosfatos altos en energía, como fosfato de creatina, ATP y ADP, descienden rápidamente durante la estimulación eléctrica, reduciéndose la duración de la fase lenta del establecimiento del “*rigor*”. Se han postulado tres teorías principales para explicar el aumento de la blandura del tejido muscular que ha sido estimulado eléctricamente: a) la estimulación ocurre antes que la temperatura de la canal descienda lo que reduce de modo notable el acortamiento por el frío o “cold shortening” que endurece la carne; b) una glucólisis más acelerada que causaría el descenso rápido del pH estimulando la liberación de enzimas hidrolasas de los lisosomas (catepsinas) que pueden modificar los componentes estructurales del músculo y producir la fragmentación de las miofibrillas y por ende ablandando la carne; c) disminución de la temperatura de retracción del colágeno, lo que reduciría su estabilidad térmica (Fenemma, 1996). Es muy probable, sin embargo, que los tres procesos mencionados actúen conjuntamente contribuyendo en mayor o menor grado a mejorar la terneza de la carne. Las fibras blancas del músculo son más susceptibles a la estimulación eléctrica que las fibras rojas y las fibras intermedias responden como tales (Fenemma, 1996). De aquí, que aquellos músculos con mayor concentración de fibras blancas sean los que mejor responden a dicha estimulación. Finalmente, la activación temprana del sistema de enzimas proteolíticas calpaínas como un mecanismo importante para ablandar la carne fue sugerido por Hwang y Thompson (2001) como otro efecto de la estimulación eléctrica del músculo pre-rigor.

### 3.3 Estimación de la ternera.

i. **Método mecánico** La jugosidad y la ternera son atributos que interactúan en las preferencias del consumidor, valorándose la carne poco jugosa como dura. Además del análisis organoléptico de ambas características, la medida física de resistencia al corte permite valorar más objetivamente la dureza de la carne. El equipo más ampliamente utilizado en esta determinación es el Warner Bratzler (Honikel, 1998), recomendado por la Asociación Americana de la Ciencia de la Carne (AMSA 1995), desarrollada hace 70 años (Spadaro et al , 2002). Las medidas del Warner Bratzler son empíricas e involucran una forma compleja de carga mecánica incluyendo corte, tensión y compresión de la carne (Lu y Chen, 1999). Las propiedades mecánicas de la carne están directamente relacionadas con la estructura del músculo, así como al proceso de maduración y de cocción del mismo (Lu y Chen, 1999; Bouton y Harris, 1972). Las pruebas de tensión son usadas porque reflejan directamente la estructura del músculo y permiten seguir sus cambios durante el proceso de maduración y cocción de la carne. Lu y Chen (1999) y Bouton y Harris (1972) encontraron que el tipo de músculo tiene un efecto significativo sobre la relación entre la ternera por Warner Bratzler y la tensión de la carne cruda y cocida.

ii. **Panel de probadores.** La evaluación sensorial sigue siendo la mejor forma de apreciar la ternera y es necesario que las medidas obtenidas con métodos instrumentales puedan correlacionarse con respuestas de jueces para que el uso de una técnica instrumental sea confiable (Anzaldúa-Morales, 1994). Sin embargo, la medición instrumental de la textura fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes y limitaciones de esta última como son: la gran variación que puede existir en los resultados, la dificultad en la ejecución de las pruebas debido a los problemas típicos que se

presentan al trabajar con humanos, a lo laborioso de algunas de ellas y las peculiaridades de la interpretación de los resultados (Boune, 1982). Se ha comprobado que existe una buena correlación ( $r = 0.78$ ) entre el método Warner-Bratzler y los paneles de degustación, esto significa que el valor que registra la cizalla es buen predictor de la realidad (Peluffo y Rodríguez, 2002). Rivera (1987) y Shakelford et al (1995) reportaron correlaciones altas ( $r = 0.7$ ) entre medidas de terniza por panel y Warner- Bratzler. Por lo tanto se afirma que cuando no se puede realizar un análisis sensorial por panel de probadores, las medidas obtenidas por Warner-Bratzler son bastante confiables.

## 4. Metodología

### 4.1 Fuente de información.

Para realizar esta investigación se evaluaron muestras de tres músculos provenientes de bovinos de dos grupos de edades diferentes estimada en base al número de incisivos permanentes: hasta 4 y con 5 ó más. Los animales formaban parte de la población que se sacrificaba durante los años 2000 y 2001 en los mataderos de los municipios de Naguabo, Arecibo y Yauco, representativos del sector afín y que, además poseen planta de deshuese. Este análisis formó parte de otro más exhaustivo donde se evaluó el contenido de colesterol y de ácidos grasos constituyentes del tejido adiposo. Los animales de los que se extrajeron las muestras de carne eran de machos y hembras de grupos raciales representativos de la ganadería bovina de Puerto Rico.

#### 3.2.1 Recolección de muestras de carne para análisis.

Se obtuvo un total de 105 muestras de los tres mataderos cooperadores de tres músculos de la media canal izquierda. En la Tabla 1 se presenta la distribución de las muestras obtenidas por músculo y grupo de edad.

Tabla 1. Número de muestras analizadas en Mayagüez.

Músculos	Animales hasta con 4 incisivos	Animales con 5 o más incisivos
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	20	16
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	19	15
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	16	19

Las muestras fueron inicialmente transportadas a la Estación Experimental de Lajas en nevera con hielo para evitar abuso de temperatura que pudiera afectar los resultados de los análisis y se congelaron a una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente, fueron transportadas en neveras con hielo hasta el laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el Recinto Universitario de Mayagüez para su evaluación química y terneza mecánica.

### 3.2.2 Análisis Proximal.

Los porcentajes de humedad, proteína, grasa fueron determinados de acuerdo a los métodos descritos por la Asociación Oficial de Químicos Analistas de Estados Unidos (AOAC, 1990).

Las muestras de carne fresca y cocida para la determinación de proteína, grasa y humedad se homogenizaron utilizando un procesador de alimentos marca Cuisinart Pro Custom DLC-8C para obtener una muestra representativa del mismo. Para el análisis estadístico se utilizaron los promedios de las determinaciones de proteína, grasa y humedad realizadas por duplicado para cada muestra.



**Figura 1.** Procesador de alimentos Cuisinart Pro Custom.

#### **4.1.2.1 Determinación de humedad en carne cruda**

Varios crisoles con tapas se secaron en el horno Imperial V Laboratory Oven por 24 horas a una temperatura de 100 °C. Se enfriaron en el desecador durante 10 minutos, se pesaron en una balanza analítica Sartorius BP121S y se colocaron nuevamente en el horno por una hora. Este proceso se realizó hasta obtener un peso constante entre pesadas. Diferencias menores de 0.0020 g se consideraron peso constante. Luego se procedió a colocar aproximadamente 5 g de muestra en cada crisol, se obtuvo el peso del crisol con la muestra. Los crisoles se colocaron en el horno con las tapas ligeramente inclinadas a 100 °C por 24 horas, se dejaron enfriar por 10 minutos en el desecador, se pesaron y se colocaron nuevamente en el horno por una hora hasta obtener peso constante (Nielsen, 2003). La fórmula utilizada para la determinación del porcentaje de humedad fue la siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso de la muestra seca})}{\text{Peso muestra húmeda}} \times 100$$

#### **4.1.2.2 Determinación de proteína bruta (Método Micro-Kjeldahl) en carne cruda**

El procedimiento que se utilizó para calcular el contenido de proteína bruta en alimentos está basado en el método de Kjeldahl para la determinación de nitrógeno total. Según este método, la muestra se somete inicialmente a una digestión con ácido sulfúrico concentrado en presencia de un catalizador. El catalizador utilizado es una mezcla de sulfato de cobre y sulfato de potasio. Durante la digestión la materia orgánica se oxida a dióxido de carbono y el ácido sulfúrico se reduce a dióxido de azufre y por estar en un medio ácido, se convierte a sulfato de amonio. Una vez terminada la digestión, el contenido se hace alcalino por la adición de hidróxido de sodio y tiosulfato de sodio. El sodio desplaza al amonio del sulfato y lo deja libre en un medio

alcalino, lo cual hace que se transforme a amoníaco (gas) que se destila por arrastre por vapor y se colecta, nuevamente como amonio, en una solución de ácido bórico, dando origen a borato de amonio.

Es posible determinar la cantidad de ión borato formado mediante una titulación con ácido clorhídrico estándar (0.5 a 0.1N), utilizando rojo de metilo y verde bromocresol como indicadores para determinar el punto final de la titulación. Conociendo el peso de la muestra, la normalidad y el volumen del ácido clorhídrico, el contenido de nitrógeno total se puede determinar. El contenido de proteína bruta en muestras de carne se estimó multiplicando el contenido de nitrógeno por un factor de 6.25. Este factor se utiliza suponiendo que todas las proteínas, en promedio, contienen 16% de nitrógeno. (Nielsen, 2003).

Para el proceso de digestión se procedió a pesar entre 0.120 y 0.150 g de muestra seca de carne en una balanza Sartorius BP121S. Se transfirió la muestra a un tubo de digestión de 100 ml, se le agregó 0.6 g aproximadamente de la mezcla catalizadora de sulfato de potasio y sulfato de cobre a cada tubo, luego se le adicionó a cada tubo 7 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocaron los tubos en el bloque de digestión 2020 Digestor Foss Tecator y se aumentó la temperatura paulatinamente hasta alcanzar 350 °C. Las muestras permanecieron en el proceso de digestión hasta que estuvieron transparentes alrededor de 5 horas. Los tubos se dejaron enfriar para poder realizar el proceso de destilación.

Para la destilación a cada tubo frío con la muestra digerida se le adicionó 40 ml de agua destilada en 2 porciones para disolver los cristales formados. Se transfirió la solución desde los tubos de digestión a los tubos de destilación. Cuando el destilador estuvo prendido y el vapor empezó a generarse se colocó un matraz conteniendo 25 ml del ácido bórico 4% con indicador en el tubo de salida del destilador. Al tubo con la muestra digerida se le adicionó 50 ml de NaOH y



se procedió a colocarlo en el lugar indicado del destilador y se abrió la válvula que permite el paso de vapor hacia el tubo. Cuando se recogió 120 ml del destilado, aproximadamente unos 8 minutos, se cerró la válvula de vapor. Se tituló el líquido destilado con HCl estándar y se anotó el volumen y la normalidad del ácido utilizado. La fórmula utilizada para la determinación de nitrógeno fue la siguiente:

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{\text{Volumen HCl} * \text{Normalidad HCl} * 14.01}{1000 * \text{peso muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Proteína} = \% \text{ de nitrógeno} * 6.25.$$



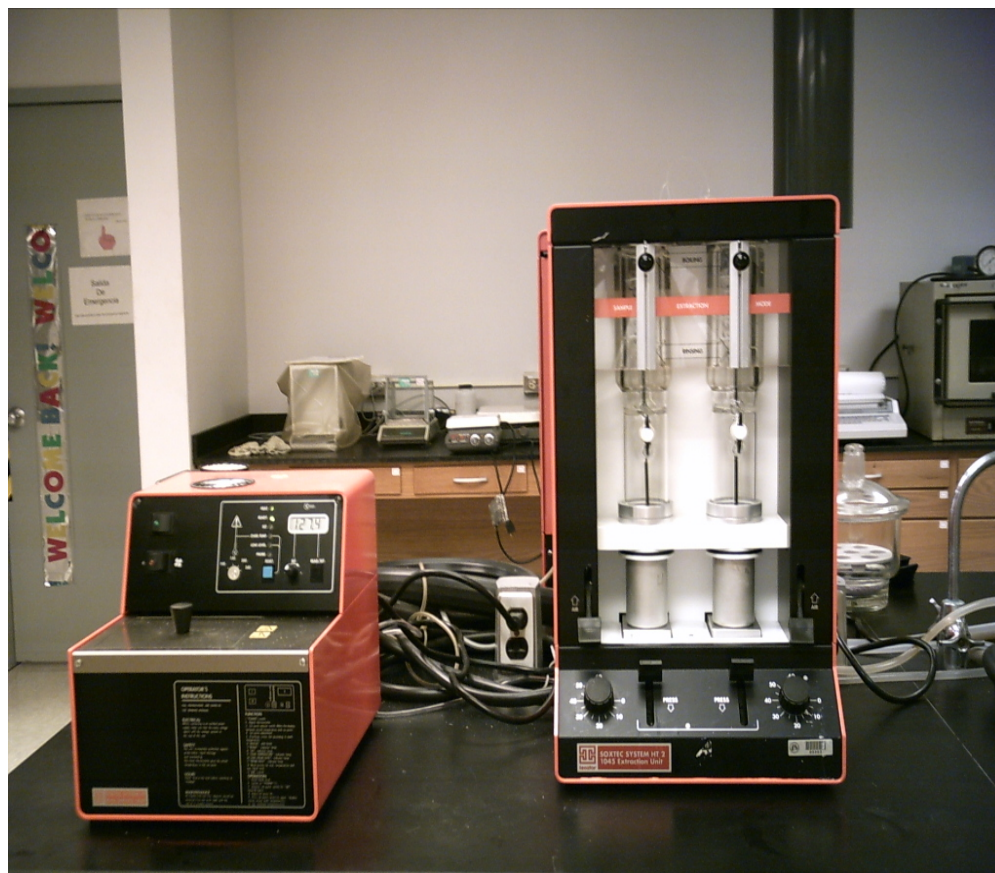
**Figura 2.** Instrumento de destilación.

#### **4.1.2.3 Determinación de extracto etéreo en carne cruda y cocida (Extracción por el método de SOXHLET).**

La extracción de la grasa se realizó utilizando acetona como solvente orgánico. Debido a que los lípidos no son solubles en agua pero si en solventes orgánicos, la pérdida de material que se determina al hacer circular un solvente orgánico se denomina extracto etéreo y se considera una buena aproximación del contenido de lípidos en la muestra. (Nielsen, 2003). Los vasos de aluminio y dedales utilizados se secaron previamente en un horno Fisher Isotemp Oven 200 series Model 2556 durante 24 horas a 100 °C. Luego se enfriaron en un desecador y se pesaron hasta que alcanzaron un peso constante (siempre se mantuvo la secuencia en los vasos metálicos). Cada vaso con su dedal se pesó y se le añadió aproximadamente 2 gr de muestra a cada dedal que se seco en el horno a 100 °C por 24 horas antes de proceder a extraer la grasa en la máquina Soxhlet (Tecator Soxtec System 1045 y 1044) utilizando acetona como solvente.

Los vasos con los dedales conteniendo la muestra se enfriaron en el desecador y luego se le colocaron anillas de metal a los dedales. Los dedales con las anillas se colocaron en la máquina Soxhlet uniéndolos al imán que posee ésta. A los vasos de aluminio, se le añadieron 50 ml de acetona y se colocaron en la plataforma caliente de la máquina. Los dedales se sumergieron en los vasos con acetona por 30 minutos para extraer toda la grasa de la muestra. Después se sacaron los dedales de la acetona y se dejaron 1 hora, para que decantara la grasa en los vasos. Finalizada la extracción, los vasos se colocaron en el horno por un periodo de 10 minutos para remover los residuos de acetona, se enfriaron en un desecador por otros 10 minutos y posteriormente se procedió a obtener el peso del vaso con la grasa. La fórmula utilizada para la determinación de grasa fue la siguiente:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{Peso del vaso} + \text{grasa} - \text{Peso de vaso})}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$



**Figura 3.** Máquina Soxhlet (Tecator Soxtec System).

Tanto los análisis de proteína como los de grasa fueron validados con los estándares de referencia # 1546 Carne homogenizada del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos (2003).

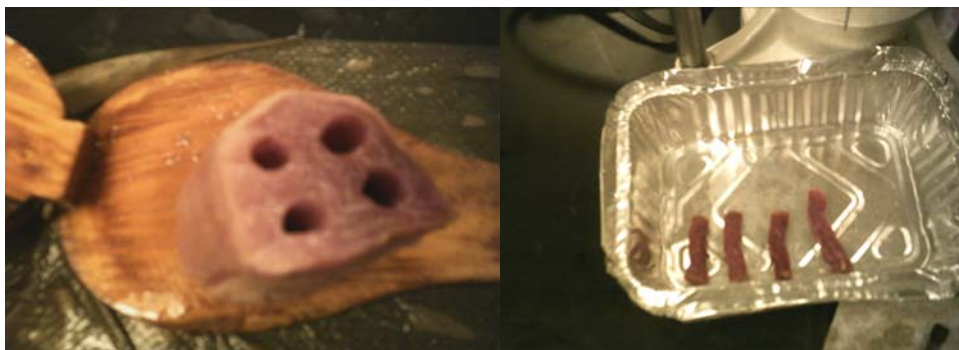
#### **4.1.2.4. Determinación de colesterol y extracto etéreo en carne cruda (en Universidad de Florida).**

Estos análisis fueron llevados a cabo por el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU, siguiendo los métodos descritos por la Asociación

Oficial de Químicos Analistas de Estados Unidos (AOAC, 1990). La determinación de colesterol la efectuó un laboratorio particular (ABC Research Corporation) contratado por la Universidad mencionada de acuerdo al procedimiento 994.10 de la AOAC; para la determinación de grasa se utilizó el procedimiento 983.23 de la AOAC.

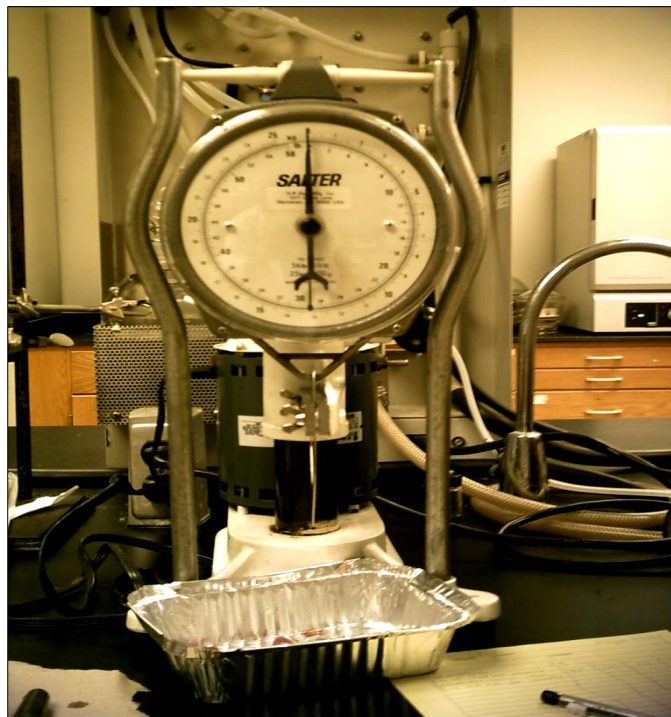
#### **4.1.3 Determinación de ternereza en carne cruda y en carne cocida**

La ternereza de muestras de carne cruda y cocida se estimó mediante la técnica de resistencia al corte utilizando un Warner Bratzler 3000. A cada trozo de carne se le removió la grasa subcutánea. Para determinar la ternereza en carne cruda previo al análisis se dejó descongelar la muestra por 24 horas en el refrigerador a una temperatura de 5 a 10 °C. Para carne cocida se realizó el mismo procedimiento. Luego cada corte fue envuelto en papel aluminio previamente identificado y se procedió a cocinarlos en calor seco, utilizando un horno convencional Jenn Air previamente calentado a 350 °F durante aproximadamente 1 hora hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70 °C (160 °F). Para ello se insertó un termómetro marca Miljoco en el centro de cada muestra. Los trozos para el Warner Bratzler, tanto para carne cruda como cocida fueron obtenidos con un sacabocados paralelo a la fibra muscular y de diferentes partes del músculo para obtener un estimado representativo de la ternereza de la muestra.



**Figura 4.** Toma de muestras para Warner-Bratzler.

Los trozos cilíndricos de 1.27 cm de diámetro se colocaron perpendicularmente en la cuchilla triangular del equipo. Se calibró el dinamómetro a cero y se tomaron 4 lecturas por muestra de la fuerza ejercida para cortarla, expresada en kilogramos. Se calculó el promedio para la muestra de las cuatro lecturas realizadas. Valores de resistencia al corte menores o iguales a 2.27 Kg de presión significa carne tierna. Valores entre 2.27 – 3.63 Kg de presión representa carne medianamente tierna y más de 5.44 Kg representa carne extremadamente dura. (AMSA, 1995)



**Figura 5.** Instrumento Warner-Bratzler.

#### **4.1.4. Análisis estadístico**

El diseño experimental fue uno completamente aleatorizado con arreglo factorial 3 x 2 x 3 con efectos fijos (3 músculos, 2 edades, 3 localidades). Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS (Sistema de Análisis Estadístico) para el análisis de

varianza de las determinaciones realizadas (Ott y Longnecker, 2001). Dado que el número de observaciones por edad y músculo fue diferente, se utilizó el procedimiento Mixed (SAS) (Elliot, 1995). Los promedios correspondientes se compararon mediante la prueba de Tukey-Kramer (Ott y Longnecker, 2001), para determinar si hay diferencias significativas.

Para el análisis de los datos de colesterol y extracto etéreo cruda provenientes del Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU, se utilizó el procedimiento GLM con datos balanceados para un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial 2 x 2 x 3 con efectos fijos (2 músculos, 2 edades, 3 localidades) para colesterol y un modelo factorial 3 x 2 x 3 con efectos fijos (3 músculos, 2 edades, 3 localidades) para los datos de grasa cruda. Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el programa estadístico SAS. Los promedios correspondientes se compararon mediante la prueba de Tukey (Ott y Longnecker, 2001).

El modelo matemático utilizado fue el siguiente:

$$X_{ijk1} = \mu + A_i + M_j + L_k + AM_{ij} + AL_{ik} + ML_{jk} + AML_{ijk} + E_{ijk1} \text{ donde:}$$

$X_{ijk1}$  = es la observación 1 de la edad i, del músculo j, de la localidad k

$\mu$  = Media de la población

$A_i$  = efecto de la edad i

$M_j$  = efecto del músculo j

$L_k$  = efecto de la localidad k

$AM_{ij}$  = efecto de la interacción edad i, por músculo j

$AL_{ik}$  = efecto de la interacción edad i, por localidad k

$ML_{jk}$  = efecto de la interacción músculo j, por localidad k.

$AML_{ijk}$  = efecto de la interacción edad i, por músculo j, por localidad k.

$E_{ijk1}$  = error experimental

Los datos fueron analizados estadísticamente de acuerdo al modelo cuyas fuentes de variación se muestran en la Tabla 2 y en la Tabla 3.

Tabla 2. Análisis de varianza para todas las variables medidas en Mayagüez. (n=105)

Fuente de variación	Grados de libertad
Músculo	2
Edad	1
Localidad	2
Músculo * edad	2
Edad * localidad	2
Músculo * localidad	4
Músculo * edad * localidad	4
Error	87

Tabla 3. Análisis de varianza para la variable colesterol (n= 108) y grasa cruda (n=162) de Florida EEUU

Fuente de variación	Grados de libertad datos de colesterol	Grados de libertad datos de grasa
Músculo	1	2
Edad	1	1
Localidad	2	2
Músculo * edad	1	2
Edad * localidad	2	2
Músculo * localidad	2	4
Músculo * edad * localidad	2	4
Error	96	144

El propósito del análisis estadístico realizado fue observar si existía efecto de la edad del animal, la procedencia y el tipo de músculo sobre las variables de porcentaje de grasa intramuscular en carne cocida y carne cruda, humedad, proteína, colesterol, terneza por Warner-Bratzler en carne cocida y carne cruda.

## 5. Resultados y discusión

### 5.1 Composición química de la carne

#### 5.1.1 Contenido de agua

Se encontró efecto significativo ( $P < 0.05$ ), de la localidad sobre el contenido de agua de la carne cruda, siendo las muestras provenientes del matadero de Naguabo las que presentaron mayor porcentaje de humedad (Tabla 4; Figura 6). Estas diferencias pudieron deberse probablemente a condiciones diferentes de refrigeración en el matadero de Naguabo respecto de los otros dos mataderos, donde la temperatura, humedad o circulación de aire en la cámara pudieron ocasionar una menor deshidratación de la canal y posteriormente de la carne. Esto es importante ya que la cantidad de agua en la canal, así como su localización y orientación correctas, dentro de la cámara de refrigeración, influyen en la estructura, color, sabor y jugosidad de la carne y en su susceptibilidad a la alteración microbiana (Fenemma, 1996). El contenido de agua es afectada por el pH final del músculo luego del proceso de *rigor mortis*. La mayor o menor disponibilidad de cargas eléctricas en las proteínas miofibrilares afectan el contenido de humedad en el músculo. En pH por encima o debajo del que determina el punto isoeléctrico de las proteínas ( $\text{pH} = 5.4$ ) se favorece una mayor retención de agua por las proteínas de la fibra muscular, lo que genera una sensación de mayor jugosidad. Se han informado coeficientes de correlación entre el contenido de humedad y la jugosidad por panel de la carne cocida entre 0.31 a 0.51 (Miller citado por Rivera, 1987) y de 0.90 (Bouton et al citado por Rivera, 1987). La susceptibilidad de los animales al estrés previo o durante el sacrificio influye en el pH del músculo y por ende en su capacidad de retención de agua. Ejemplo de ello es la carne oscura, densa en estructura con pH superiores a 6 que retienen mucha agua en las proteínas miofibrilares



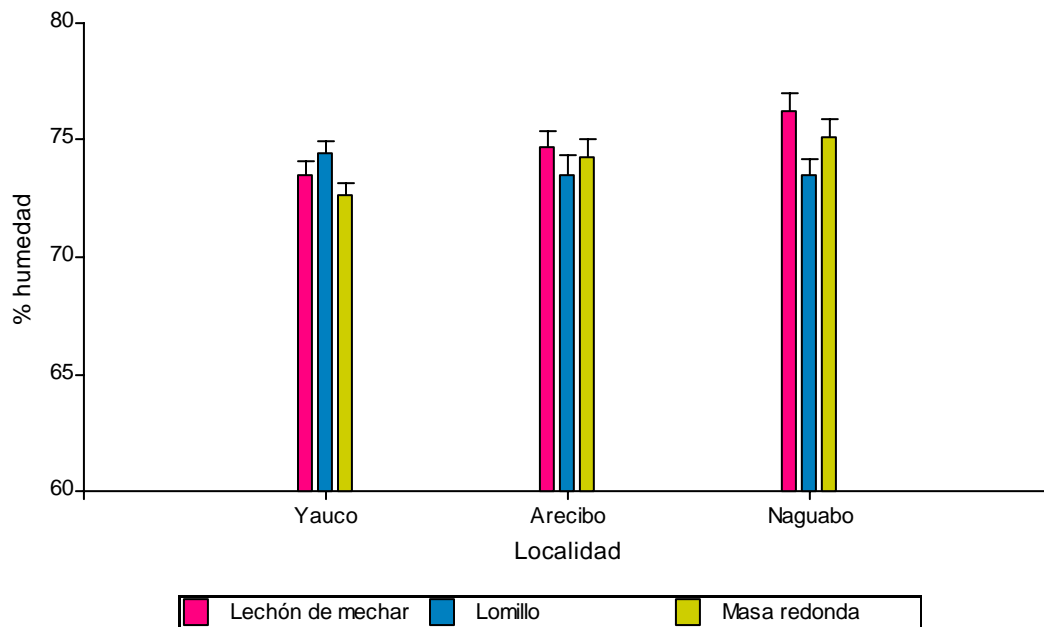
(Fennema, 1996). Lamentablemente en este estudio no se midió el pH de la carne, por lo que no puede inferirse como factor causante de las diferencias entre mataderos en el contenido de agua de la misma, excepto desde el punto de vista especulativo.

Los promedios de humedad de los tres músculos evaluados no fueron significativamente diferentes ( $P>0.05$ ), que en general tuvieron un 74.22% de agua (Tabla 3; Figura 5). Maher et al., (2005) encontraron un contenido de humedad en el músculo *Longissimus dorsi* de 73.97% similar al obtenido en este estudio (73.92%) y al informado por Kim et al., (2000) de 74.20%. Gil y Huertas, (2000) por su parte encontraron un efecto de la alimentación sobre el contenido de humedad del *Longissimus dorsi*. En animales alimentados con pasturas el porcentaje de humedad fue de 73.55% y de 71.44% en aquellos alimentados con granos. El primer resultado concuerda con los encontrados en el presente estudio donde los animales fueron alimentados básicamente con pasturas.

La edad de los animales no tuvo efecto significativo en el contenido de humedad de la carne cruda ( $P>0.05$ ). Lawrie (1991) reportó que el contenido de humedad de la carne prácticamente permanece constante después de los 24 meses de edad. Ello explica parcialmente aquel resultado ya que los animales del presente estudio deberían tener 24 o más meses de edad en promedio, en base a la equivalencia indicada en el informe del GTBC (2001) entre la presencia de incisivos permanentes y la edad cronológica de los bovinos. Aunque la diferencia no fue significativa, el grupo de hasta 4 incisivos permanentes tuvo un porcentaje de humedad mayor (74.6%) que el grupo de más edad, lo que también concuerda con Lawrie (1991) de que el contenido de humedad del músculo es mayor en animales de menos de dos años. El promedio general de humedad de 74.2% (Tabla 3) encontrado en este estudio se ubica dentro de lo

reportado por Forrest et al (1979), Lawrie (1991), Fenemma (1996), Wahrmund-Wyle et al (2000) y Farfán y Sarmán (2003) de contenidos que fluctúan entre 70 y 76%.

Las interacciones dobles músculo x edad, músculo x localidad y edad x músculo tampoco fueron significativas ( $P > 0.05$ ) para contenido de humedad (Tabla 12). Otros factores, como el contenido de grasa en el músculo que guarda una relación inversa con la humedad (McBee y Wiles, 1967) y el nivel de hormonas andrógenicas en la sangre (castrados presentan menor contenido que los machos enteros, según Destefanis et al., 2003) podrían afectar el nivel de humedad del músculo más que los analizados en el presente estudio.



**Figura 6.** Efecto de la localidad sobre el contenido de agua en músculos de bovinos.

Tabla 4. Promedios del contenido de agua de muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Agua (%) Promedio $\pm$ DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	73.92 $\pm$ 0.43 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	73.92 $\pm$ 0.41 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	74.83 $\pm$ 0.41 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	74.63 $\pm$ 0.33 a
5 o más incisivos	73.81 $\pm$ 0.35 a
<b>Localidad</b>	
Arecibo	74.07 $\pm$ 0.39 a
Naguabo	75.05 $\pm$ 0.45 b
Yauco	73.55 $\pm$ 0.40 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer. Coeficiente de variación = 3.23 %.

### 5.1.2 Proteína

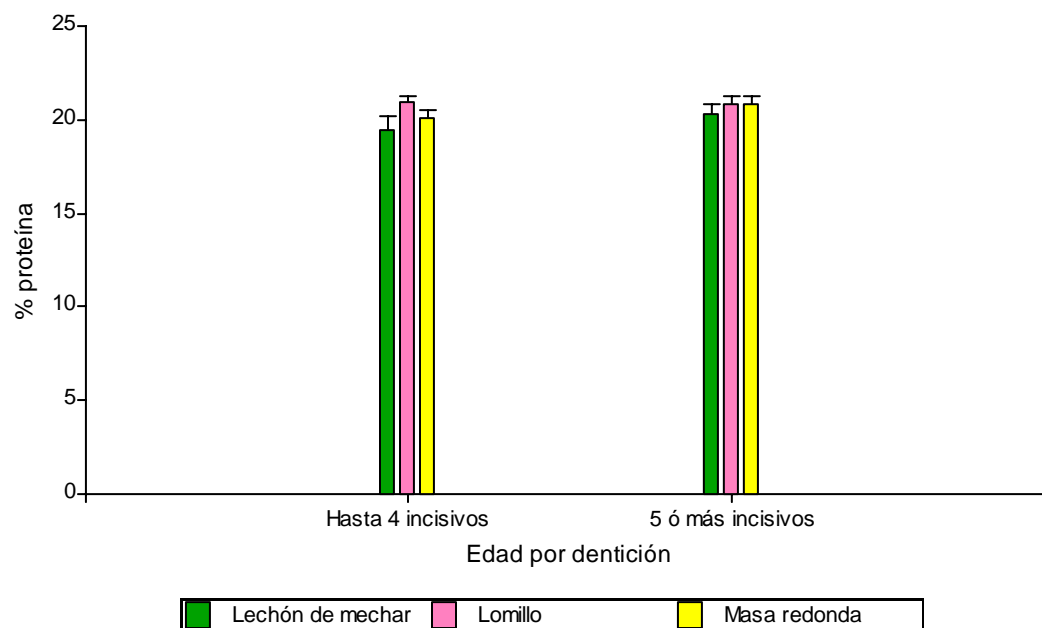
No se encontró ningún efecto significativo ( $P > 0.05$ ) de las variables analizadas ni en sus interacciones sobre el contenido de proteína de la carne cruda (Tabla 5 y 13, Figura 7). El promedio general fue de 20.38% de proteína estimada en base a su contenido de nitrógeno (Nielsen, 2003). Lawrie (1991), informó que si bien la edad afecta esta variable, las diferencias son notorias sólo hasta los 24 meses de edad. Según este autor al aumentar la edad ocurre un incremento en el contenido de mioglobina y proteínas sarcoplásmicas, que son las que más aportan al contenido de nitrógeno. Del contenido total de nitrógeno del músculo, el 95%

aproximadamente es proteína verdadera y el 5% restante péptidos, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados (Fenemma, 1996).

El promedio general de proteína muscular estuvo dentro del entorno de 20 a 22 % para la carne bovina informado por otros autores (Forrest et al., 1975; Lawrie, 1991; Fenemma, 1996; Wahrmund-Wyle et al 2000; Aberle et al., 2001;).

Semejante a lo observado en el presente estudio, Kim et al (2000) no encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína entre el *Longissimus dorsi* 21.7% y *Psoas major* 21.0% de toretes. De igual forma Maher et al (2005) encontraron que el *Longissimus dorsi* derecho y el izquierdo de la canal presentaron contenidos similares de proteína (21.3%). Sin embargo el sexo y la alimentación pueden afectar el contenido de proteína muscular. Destefanis et al (2003) informaron de diferencias significativas en el *Longissimus thoracis y lumburum* entre machos enteros (22.35%) y castrados tempranamente (22.80%). Igualmente Gil y Huertas (2000) encontraron diferencias significativas debidas al tipo de alimentación ya que animales criados a pastoreo presentaron menor contenido de proteína muscular (21.77%) que aquellos alimentados con granos (22.56%). Los animales de este estudio se alimentaron en base a pasturas y aunque las muestras musculares provenían de machos y hembras, el factor sexo estuvo confundido en los resultados y no pudo analizarse por separado.

La proteína del músculo, en este caso de bovino, es de alto valor nutritivo para el ser humano, no solo por el contenido (20 a 22% en base húmeda) sino también por su balance en aminoácidos esenciales y alta digestibilidad 95 a 100% versus la proteína vegetal que es de menor digestibilidad, 65 a 75% (Aberle et al., 2001; Spanier et al., 2004).



**Figura 7.** Efecto de la edad sobre el contenido de proteína en músculos de bovinos.

Tabla 5. Promedios del contenido de proteína en muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Proteína (%) Promedio ± DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	20.87 ± 0.38 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	20.44 ± 0.36 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	19.82 ± 0.37 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	20.13 ± 0.29 a
5 o más incisivos	20.62 ± 0.31 a
<b>Localidad</b>	
Arecibo	20.34 ± 0.35 a
Naguabo	20.06 ± 0.40 a
Yauco	20.73 ± 0.36 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer.  
Coeficiente de variación = 10.49 %.

### 5.1.3 Grasa intramuscular en carne cruda

Se encontró efecto significativo de la edad ( $P < 0.05$ ) sobre el contenido de grasa intramuscular de la carne cruda, siendo los animales más jóvenes, de hasta 4 incisivos los que presentaron un menor contenido de grasa, 1.89% versus 2.73% de los de 5 y más incisivos (Tabla 6; Figura 8) El resultado es concordante con los criterios generales de deposición del tejido adiposo que establecen que la grasa intramuscular es el último depósito en formarse, por lo que es de esperar que animales de adultos presenten en promedio mayor contenido de esta grasa, bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación (Aberle et al., 2001). Por otra parte, la deposición de grasa tiene una relación inversa con el contenido de agua en los tejidos (Levie, 1963; Lawrie, 1991; Hedrick et al., 1994; Aberle et al., 2001), lo que se corrobora el resultado enunciado de que los animales de 5 y más incisivos permanentes tuvieron menor porcentaje de agua y mayor de grasa en el músculo (Tablas 4 y 6).

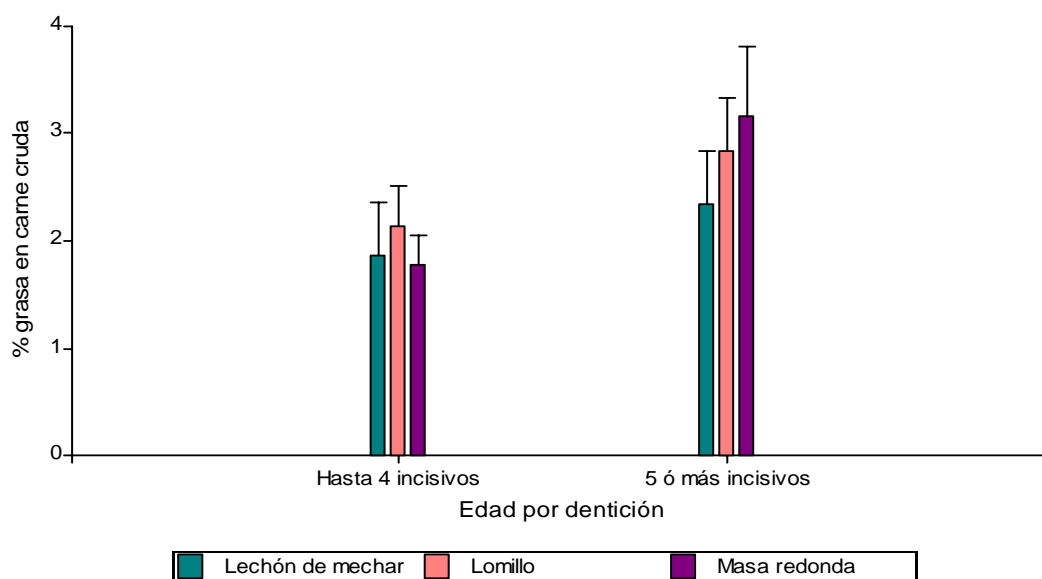
Varios factores que afectan el nivel de grasa en el músculo han sido identificados. Entre ellos, se destacan la alimentación, sexo, edad y raza de los bovinos. Vestergaard et al. (2000) encontraron que toros de un año alimentados con pasturas presentaron valores menores de grasa intramuscular que aquellos de dos años, tanto para el músculo *Semitendinosus* como para el *Longissimus dorsi*. Dikeman et al. (1987), informaron del efecto de edad y del nivel de energía en la dieta en la deposición de grasa intramuscular. Animales de 9 meses de edad presentaron, en promedio, 1.82% de grasa en el músculo versus 6.03% en los de 2 años, todos alimentados con dietas a base de granos. Estos valores son superiores a los encontrados en el presente estudio debido a las diferencias en las dietas, pasturas versus granos.

Aún cuando son muchos los factores implicados en comparaciones entre especies, es destacable el hecho de que el valor promedio de grasa intramuscular encontrado en este estudio (2.3%) con bovinos de sexos y edades diferentes pero alimentados con pasturas fueron inferiores a los reportados por Lawrie (1991) para otras especies como cerdo (9.5%), carne roja de pollo (4.7) y ovino (7%).

Músculo no afectó ( $P>0.05$ ) el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda (Tabla 5 y 14). Estos resultados concuerdan con los reportados por Pagán (1997) y Acevedo (2004) que tampoco encontraron diferencias en el contenido de grasa de los mismos tres músculos analizados en este estudio, Lomillo (*Longissimus dorsi*), Masa redonda (*Semimembranosus*) y Lechón de mechar (*Semitendinosus*). Aunque dichos autores analizaron muestras de carne producida en Puerto Rico con animales criados a pastoreo, los porcentajes promedios informados fueron inferiores (0.9% y 1.3%, respectivamente) a los encontrados en el presente estudio (2.3%). Kim et al. (2000) tampoco encontraron diferencias significativas entre el *Longissimus dorsi* (lomillo) y el *Psoas major* (filete; 3.11 vs. 3.08%) al igual que O'Neill et al. (2004) entre regiones del mismo músculo, *Longissimus thoracis y lumborum*, en el contenido de grasa intramuscular.

Localidad no tuvo efecto en el contenido de grasa intramuscular de la carne cruda ( $P>0.05$ ), por lo que se puede inferir que los animales que se sacrifican en los tres macelos analizados presentan similitud en aquella variable. Sin embargo, las muestras obtenidas en Naguabo presentaron el menor contenido de grasa con la mayor variación relativa ( $CV = 20.25\%$ ). Las interacciones dobles músculo x edad, músculo x localidad y edad x localidad así como la triple, músculo x edad x localidad no fueron significativas ( $p>0.05$ ) para contenido de

grasa en carne cruda (Tabla 14). Los efectos significativos, en este caso la edad de los animales, influyen el contenido de grasa independientemente de la localidad y músculo analizados.



**Figura 8.** Efecto de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en muestras crudas de músculos de bovinos.

Tabla 6. Promedios del contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cruda en bovinos de dos grupos de edad, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Grasa en carne cruda (%) Promedio $\pm$ DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	2.39 $\pm$ 1.82 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	2.48 $\pm$ 2.11 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	2.06 $\pm$ 2.03 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	1.89 $\pm$ 1.61 a
5 o más incisivos	2.73 $\pm$ 2.24 b
<b>Localidad</b>	
Arecibo	2.68 $\pm$ 2.33 a
Naguabo	1.80 $\pm$ 1.48 a
Yauco	2.45 $\pm$ 1.90 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer. Coeficiente de variación = 83.37 %.



En la Tabla 7 y 15 se presentan los resultados del contenido de grasa intramuscular de las mismas muestras de carne cruda analizadas en el laboratorio de tecnología cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU. Comparándolos con los obtenidos en Mayagüez, se observan similitudes y diferencias. En ambos análisis, se encontró efecto significativo de la edad, con un menor contenido en los animales más jóvenes (2.6 vs. 3.5%). No se encontró efecto de localidad pero sí de músculo. A diferencia de los resultados locales, el análisis en Florida indicó un contenido mayor de grasa ( $P < 0.05$ ) en el lomillo (*Longissimus dorsi*) respecto a los otros dos músculos. El otro punto a destacar es que el promedio general de grasa en la carne cruda fue mayor en el análisis de Florida respecto al de Mayagüez (3.04 vs. 2.31%). Las diferencias indicadas pueden deberse a variaciones en la técnica de medición pero más probablemente al período de tiempo de más de dos años de almacenamiento de las muestras congeladas que medió entre ambos análisis. Ello pudo haber provocado una disminución en el contenido de grasa por lipólisis de las muestras analizadas en el laboratorio de Mayagüez (Pie et al., 1991) o una reducción en la capacidad de extracción debido a la formación de complejos insolubles de los lípidos, como lo demostró Igene et al. (1979) quien encontró una disminución considerable en el porcentaje de grasa intramuscular de carne fresca (13.72%) respecto a la almacenada por 13 meses (9.82%).

La importancia de la grasa intramuscular radica en el hecho de que se la asocia con la ternura y jugosidad de la carne (Aberle et al., 2001). Se deposita en la trabéculas de tejido conectivo (perimisio), que penetran hacia el interior del músculo. De hecho, esta asociación positiva con los atributos mencionados de la carne justifica el sistema de clasificación de canales por calidad que se utiliza en Estados Unidos. El grado Prime es el que tiene mayor contenido de grasa intramuscular o “marbling” y por ende, el que mayor valor comercial presenta (Hedrick et

al., 1994; Aberle et al., 2001). Sin embargo, existen estudios que revelan que aquella asociación es baja y que solo explica un 5% de la variación en terneza y entre un 10 a 16% de la variación en la jugosidad de la carne; el efecto sería mayor en animales adultos (Levie, 1963; Hedrick et al., 1994; Wheller y Koohmaraie, 1994; Geay et al., 2001).

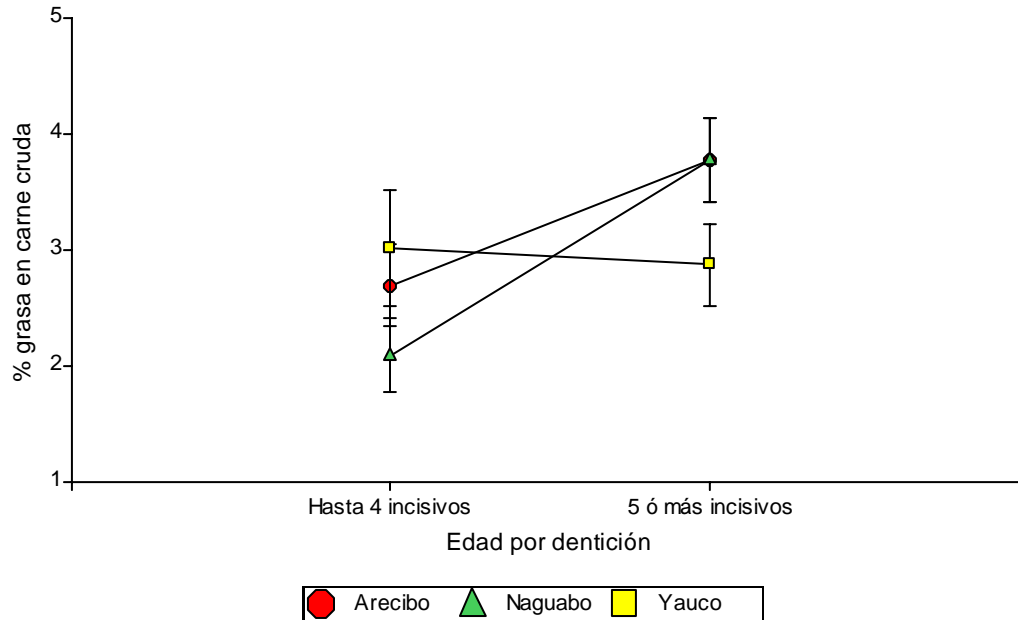
En términos generales se puede afirmar que la carne de res producida en Puerto Rico presenta valores bajos de grasa intramuscular, o sea que es magra, debido fundamentalmente al tipo de animal que se cría (toro) y al sistema de alimentación predominante en base a pasturas. Esta característica constituye una ventaja natural de la carne de res local frente a la importada que tiene significativamente más grasa (Acevedo, 2004) en estos tiempos en los que el consumidor exige carne magra. Mejores estrategias de mercadeo con una buena promoción acorde utilizando dicha característica, posibilitaría que el producto local logre una mayor participación en el mercado por encima del paupérrimo 12.7% que exhibe actualmente (Dpto. de Agricultura del ELA, 2005). Queda aún por mejorar la terneza reduciendo la edad promedio de los animales al sacrificio y posiblemente el sabor de la carne, ya que estudios han revelado que valores menores a 3.5% de grasa intramuscular conducen a carnes menos gustosas (Dikeman et al., 1987; Kauffman, 1993).

Tabla 7. Contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cruda de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes. Resultados obtenidos en el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU.

Fuente de Variación	Grasa en carne cruda (%) Promedio $\pm$ DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	3.99 $\pm$ 2.16 b
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	2.87 $\pm$ 2.26 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	2.26 $\pm$ 1.12 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	2.6 $\pm$ 2.09 a
5 o más incisivos	3.48 $\pm$ 1.90 b
<b>Localidad</b>	
Arecibo	3.24 $\pm$ 1.92 a
Naguabo	2.94 $\pm$ 1.96 a
Yauco	2.95 $\pm$ 2.24 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey.  
Coeficiente de variación = 60.22 %.

Se detectó interacción no ordenada significativa ( $P < 0.05$ ) entre edad y localidad (Tabla 15, Figura 9) para el porcentaje de grasa de las muestras analizadas en el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU. Para los animales procedentes de los mataderos de Arecibo y de Naguabo se incrementó el porcentaje de grasa cuando aumentó la edad, lo que concuerda con la literatura científica, pero para Yauco ocurrió lo contrario, a mayor edad se observa una tendencia a disminuir dicho porcentaje. No se tiene una explicación razonable para la misma. Esta interacción no se observó en los datos obtenidos en el laboratorio de Mayagüez.



**Figura 9.** Interacción de edad x localidad para grasa intramuscular en carne cruda. Datos obtenidos en la Universidad de Florida, EEUU.

#### 5.1.4 Grasa intramuscular en carne cocida

Se encontró efecto significativo ( $P < 0.05$ ) de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en la carne cocida (Tabla 8 y 16, Figura 10). Similarmente a lo observado en muestras de carne cruda, los animales jóvenes presentaron menor porcentaje de este tipo de grasa respecto a los de mayor edad (2.98 vs. 4.56%). Los valores son más altos en relación a los de la carne cruda (3.77 vs. 3.04%, en promedio) como era de esperarse, debido a que durante la cocción se pierde humedad y por ende, hay un incremento en el contenido de grasa en términos relativos, así como de otros componentes sólidos de la carne. La diferencia fue mayor en los animales de 5 y más incisivos permanentes que pasó de 3.48 a 4.56% en promedio, más de 1%, mientras que en los jóvenes solo aumentó 0.38% (de 2.60 a 2.98%). Ello indica que si bien hubo deshidratación del tejido muscular, también hubo un incremento neto en el contenido de grasa intramuscular en los animales adultos, lo cual está de acuerdo con los procesos de crecimiento y

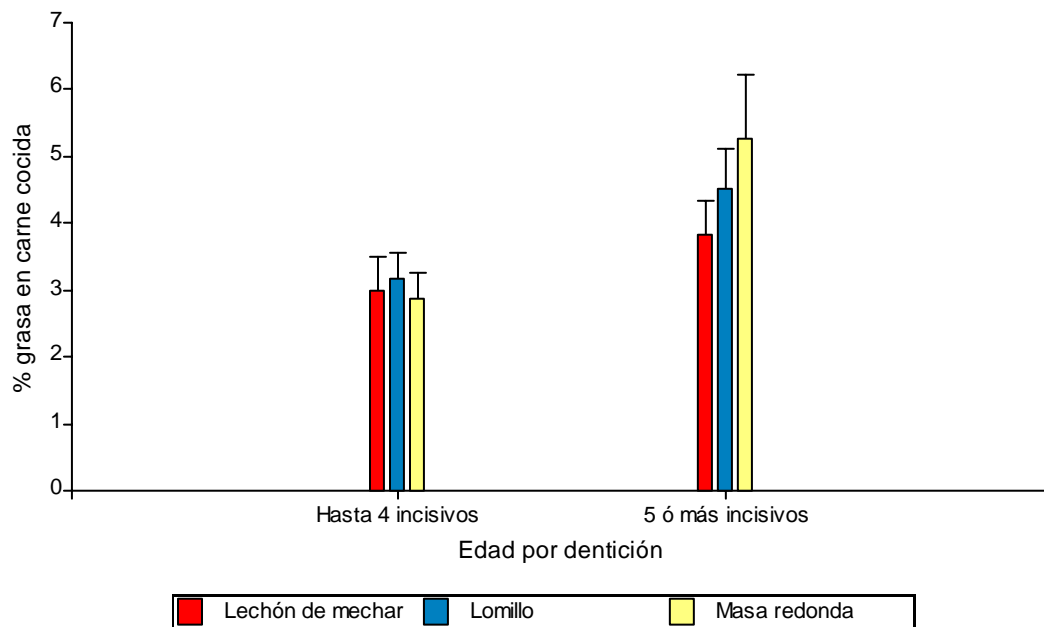
desarrollo del cuerpo animal que establecen que el tejido adiposo en general y la grasa intramuscular en particular, son los últimos en depositarse (Lawrie, 1991; Aberle et al., 2001).

Los músculos evaluados presentaron el mismo contenido de grasa intramuscular una vez cocidos ( $P>0.05$ ) igual a lo observado cuando crudos. El promedio general fue de 3.77% (Tabla 8), ligeramente superior al obtenido en la carne cruda (3.04%). El incremento se produjo en la Masa Redonda (*Semimembranosus*) y en el Lechón de Mechar (*Semitendinosus*), mientras que el Lomillo (*Longissimus dorsi*) no alteró su contenido de grasa intramuscular, lo que contribuyó a igualar los niveles en la carne cocida respecto a la cruda. La variación en el nivel de grasa para cada músculo evaluado también aumentó con la cocción, según lo indican los coeficientes de variación correspondientes. No existe una explicación razonable para este efecto de la cocción sobre la grasa intramuscular de los músculos evaluados que trascienda lo meramente especulativo.

Al igual que en la carne cruda, la localidad tampoco afectó el contenido de grasa intramuscular de la carne cocida ( $P>0.05$ ), excepto que el promedio fue mayor por las razones de deshidratación ya mencionadas (Tabla 8).

Wheeler et al. (2001) midiendo la composición de lípidos en muestras crudas y cocidas del músculo *Longissimus thoracis* obtenido de diversos tipos de ganado y cruces encontraron que los animales con menor porcentaje de grasa en la carne cruda siguieron la misma tendencia y presentaron la menor cantidad de grasa en carne cocida. Los porcentajes promedio de grasa obtenidos por Wheeler et al. (2001) fueron 4.0 y 5.3% para las muestras crudas y cocidas, respectivamente. Estos valores son mayores a los encontrados en el presente trabajo debido probablemente a las diferencias en alimentación y sexo de los animales entre ambos estudios. El pastoreo de gramíneas por machos enteros constituye la principal diferencia con otros sistemas de

producción de carne bovina en los que se utilizan raciones completas con animales machos castrados, como es el caso de Estados Unidos. Ello explica los menores contenidos de grasa intramuscular de la carne de res producida en Puerto Rico en relación a los de la importada (Acevedo, 2004). El promedio general de grasa en carne cocida encontrado en el presente trabajo fue de 3.77%, mucho menor al reportado por otros autores como Forrest et al., (1979) y Aberle et al., (2001), quienes informan de valores de 10% de grasa intramuscular en carne cocida. E incluso menor que el de otras especies, como el de la carne blanca de pollo con valores de 4.5% sin piel y 10.9% con ella, o carnes de cordero y cerdo con 8.5% y 13%, respectivamente (Aberle et al., 2001). Esta información es útil para cualquier intento propagandístico que se realice con el fin de promover el mercadeo del producto local frente al importado y aumentar su consumo.



**Figura 10.** Efecto de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en muestras cocidas de músculos bovinos.

Tabla 8. Contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cocida de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Grasa en carne cocida (%) Promedio ± DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	3.93 ± 0.44 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	4.05 ± 0.42 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	3.33 ± 0.42 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	2.98 ± 0.34 a
5 o más incisivos	4.56 ± 0.36 b
<b>Localidad</b>	
Arecibo	3.70 ± 0.41 a
Naguabo	3.77 ± 0.47 a
Yauco	3.83 ± 0.41 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer. Coeficiente de variación = 66.56 %.

### 5.1.5 Colesterol

El promedio general del contenido de colesterol en las muestras de carne analizadas fue 56.41 mg/100g. Este valor es más bajo que el reportado por algunos autores de 70 a 75 mg (Fenemma, 1996; Pearson y Gillet, 1999) pero dentro de los límites establecidos por la base de datos del USDA (citada por Piironen et al., 2002) de 54 a 65 mg/100g. La alimentación en base al pastoreo de gramíneas tropicales puede considerarse como el principal responsable del bajo contenido de colesterol en la carne de res producida en Puerto Rico. De hecho, esta carne tiene en promedio casi 3% menos que la de EEUU (56.4 vs 59 mg/100g), donde predomina la alimentación en base a concentrados (Aberle et al., 2001; Piironen 2002; GTBC, 2005). La Asociación Americana del Corazón recomienda una ingestión diaria de colesterol que no exceda

los 300 mg, para personas con niveles normales de dicho compuesto en la sangre. Cuando se consumen 3.5 onzas (100 gramos) de carne de res de Puerto Rico se están ingiriendo 56.4 mg de colesterol, lo que representa solamente el 18.8% del máximo recomendado de 300 mg/día (GTBC, 2005).

En la Tabla 9 y 17 se muestran los efectos de músculo, edad y localidad en el contenido de colesterol. Solo se encontró diferencia significativa ( $P < 0.05$ ) para localidad, donde la carne de los animales sacrificados en el matadero de Naguabo tuvo un contenido más alto que la proveniente de los otros dos, Arecibo y Yauco que presentaron promedios similares ( $P > 0.05$ ) de colesterol (70.22 vs 49.51 mg/100 g). En base a la información recogida en el estudio, es difícil encontrar una explicación a este efecto de localidad, excepto que los animales sacrificados en Naguabo hayan sido suplementados con concentrados, particularmente durante el período de ceba de los mismos. Los niveles de grasa intramuscular también fueron similares entre localidad (Tabla 7) por lo que este factor no puede relacionarse con aquellas diferencias. De todos modos, la asociación entre el contenido de colesterol y grasa intramuscular, aunque positiva, no se considera muy alta. Rhee et al. (1982) informaron que el nivel de este depósito de grasa explica solo el 18% de la variación en el contenido de colesterol en la carne. Otros autores (Swize et al., 1992; Piironen et al., 2002) concuerdan en que la asociación entre los niveles de colesterol y grasa intramuscular es baja, lo que sugiere que existen otros factores de mayor importancia relativa en afectar el contenido de colesterol en la carne de res. Sin descartar el componente genético y el sexo de los animales, la alimentación es uno de los que más se asocia con las diferencias que se observan en los niveles de colesterol. Varios autores (García, 1996; Rosso y García citados por Bavera, 2005; Gil y Huertas, 2003) encontraron que la alimentación en base a forrajes produce carne con niveles de colesterol y grasa intramuscular más bajos y menor



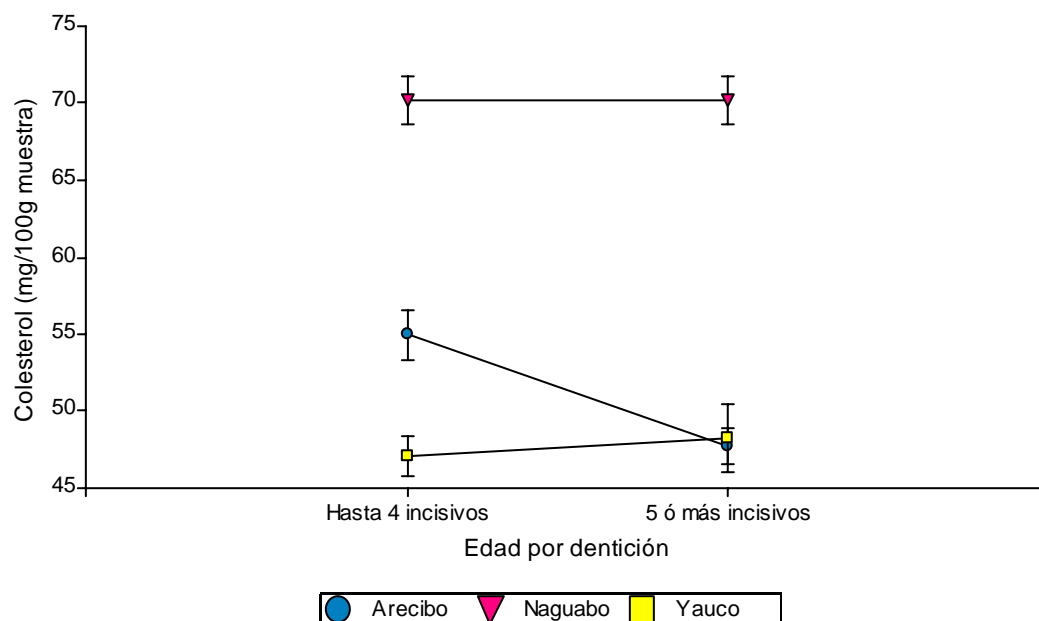
contenido de ácidos grasos saturados que la alimentación con granos. La interacción localidad x edad resultó significativa ( $P < 0.05$ ) debido a que los animales adultos, de 5 ó más incisivos permanentes sacrificados en Arecibo tuvieron niveles de colesterol más bajos respecto a los jóvenes (Tabla 17, Figura 11). Aunque el efecto de edad no fue significativo (Tabla 9), aquella interacción doble podría sugerir un posible efecto de sexo debido a que en dicho matadero, ubicado en el corazón de la región lechera de Puerto Rico, se sacrifican mayoritariamente las vacas de descarte de dicha industria. Sin embargo no existe información que sustente este argumento e incluso Wheeler et al. (1987) no encontraron efecto de sexo en el contenido de colesterol del músculo *Longissimus*. Emulando a estos autores podría concluirse que dichas diferencias pueden deberse a las necesidades inherentes a la funciones de las membranas celulares.

Los tres músculos analizados no presentaron diferencias en el contenido de colesterol (Tabla 9) en concordancia con otros estudios (Kim et al., 2000; Cifuni et al., 2004). Sin embargo, existen algunos que informan de un efecto de músculo en dicho contenido (Swize et al., 1992; Chizzolini et al., 1999). Se indica que estas diferencias se asocian con el tipo de fibra que predomina en el músculo, en particular con las rojas que poseen un mayor perímetro de sarcolema (membrana celular) lo que contribuiría al aumento en el contenido de colesterol (Chizzolini et al., 1999). Wheeler et al. (1987) habían informado que la limpieza del músculo del tejido adiposo que lo rodea podría contribuir a las diferencias que se observan en el contenido de colesterol, corroborado por Piironen et al. (2002) quienes encontraron que la grasa subcutánea e intermuscular tenía niveles de colesterol más altos que el propio tejido muscular.

El colesterol es un compuesto químico que se presenta solamente en los productos alimenticios de origen animal. García et al. (1996) informaron de diferencias entre especies en el

contenido de colesterol. El filete de pescado presentó los niveles más bajos (52.1mg/100g), seguido de la carne bovina (59.3mg/100g), del muslo de pollo (63.6mg/100g) y de la de cerdo (64.5mg/100g). Cabe destacar que los niveles de colesterol encontrados en el presente estudio (56.4mg/100g) compiten muy favorablemente con los reportados en la literatura afín.

En los últimos años, el consumo de carne vacuna se ha asociado con el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. Esta imagen negativa, donde se considera a la carne de res como un alimento rico en grasa y colesterol, con predominancia en lípidos saturados, proviene particularmente de Estados Unidos. En este país, los animales se engordan en sistemas intensivos de manejo (confinamiento), con dietas concentradas en base a granos y con un esquema de clasificación de canales que propugna la formación de grasa. Esta concepción generalizada no hace justicia a la carne de res producida en Puerto Rico que presenta niveles más bajos de colesterol (56 vs 59 mg/100g), de grasa intramuscular (2.8 vs 6.2%) y una mejor relación de ácidos grasos poliinsaturados /saturados (0.3 vs 0.1), que la hace más saludable para el ser humano (GTBC, 2005).



**Figura 11.** Interacción edad x localidad para el contenido de colesterol en músculos bovinos.

Tabla 9. Promedio del contenido de colesterol en muestras de carne cruda de bovinos con hasta 4 y con 5 ó más incisivos permanentes. (Resultados obtenidos en el Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EEUU).

Fuente de Variación	Colesterol (mg/100 g carne) Promedio ± DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	57.36 ± 12.84 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	55.47 ± 11.42 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	57.41 ± 11.56 a
5 o más incisivos	55.42 ± 12.71 a
<b>Localidad</b>	
Arecibo	51.36 ± 6.97 a
Naguabo	70.22 ± 6.61 b
Yauco	47.66 ± 7.52 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey.

Coefficiente de variación = 11.69 %.

## 5.2 Atributo de calidad: Terneza.

### 5.2.1 Terneza por Warner-Bratzler de carne cruda.

Músculo tuvo un efecto significativo sobre la terneza de muestras de carne cruda ( $p < 0.05$ ) medida por el Warner-Bratzler (Tabla 10 y 18, Figura 12). Estos resultados indicaron que el Lomillo (*Longissimus dorsi*) fue el músculo más tierno con un valor de resistencia al corte de  $1.53 \pm 0.31$  kg de presión que lo clasifica como carne tierna, seguido de la Masa redonda (*Semimembranosus*) con un valor de resistencia al corte de  $2.74 \pm 0.29$  kg de presión que lo clasifica como carne medianamente tierna y el Lechón de mechar (*Semitendinosus*) con un valor de resistencia al corte de  $5.01 \pm 0.30$  Kg de presión que lo clasifica como un músculo muy duro (AMSA, 1995). Estos resultados eran de esperarse pues se sabe que existe una amplia variación en terneza entre músculos del mismo animal así como dentro del mismo músculo. La compleja estructura proteica de la fibra muscular unido al contenido, tipo y solubilidad del colágeno que posee el músculo afectan su terneza. Garriz (2001) indicó que los más tiernos poseían menor cantidad de colágeno total. Por otro lado Ritchey y Hostetler (1964) previamente habían informado que el Lomillo (*Longissimus dorsi*) tenía menos colágeno que otros músculos del cuarto trasero del animal. Las determinaciones de la cantidad de colágeno (principal proteína del tejido conectivo fibroso blanco) de distintos cortes de carne indican que a menor contenido, mayor es su terneza (Forrest et al., 1979). Aunque la mayoría de las fibras del tejido conectivo son fibras de colágeno, también existen otras como la elastina y reticulina que contribuyen, aunque en menor grado, a la dureza del músculo.

Basado en lo reportado en la literatura científica el hecho que el Lomillo (*Longissimus dorsi*) sea el músculo más tierno se puede atribuir a que posee fibras de menor tamaño con

respecto a los otros músculos (Koohmarie et al., 1988). El Lechón de mechar (*Semitendinosus*) y la Masa redonda (*Semimembranosus*), por su parte, presentan mayor cantidad de tejido conectivo (Rambsbotton, citado por Rivera, 1987) lo que podría ser causa de su menor terniza.

Los resultados del presente trabajo concuerdan con lo reportado por Acevedo (2004) que comparó carne de res de distinta procedencia y encontró que el Lomillo resultó ser el músculo más tierno, seguido de la Masa redonda y finalmente del Lechón de mechar, tanto para los cortes provenientes de Estados Unidos, Costa Rica o Puerto Rico. Pagán (1997), encontró diferencias significativas en la terniza de los siete músculos más importantes de la pierna trasera de toretes criados en Puerto Rico, siendo el Filete (*Psoas major*) el músculo más tierno seguido del Lomillo (*Longissimus dorsi*). Por su parte, Rivera (1987) encontró para animales producidos también en Puerto Rico que el *Psoas major* fue el músculo más tierno pero fue seguido por el *Semitendinosus* y el *Semimembranosus* resultando el *Longissimus dorsi*, el más duro. Se atribuye la mayor terniza del *Psoas major* a que permanece estirado en la canal durante el establecimiento del *rigor mortis* post-mortem y a su bajo contenido de tejido conectivo (Rivera, 1987; Pagán, 1997).

No se encontró efecto significativo ( $P > 0.05$ ) de la edad ni de la localidad sobre la terniza de la carne cruda (Tabla 10). Para ambos grupos de edad, como para las tres localidades los valores de resistencia al corte clasifican la carne como medianamente tierna (AMSA, 1995). Se argumenta que la edad es uno de los factores que mayormente afecta la terniza existiendo entre ambas variables una relación inversamente proporcional a causa del tejido conectivo que se incrementa con la misma y en consecuencia, disminuye la terniza (Shorthose y Harris, 1990; Aberle et al., 2001). En el presente estudio no sucedió así, tal vez debido a que la carne se mantuvo congelada mucho tiempo (4 años) durante el cual, reacciones enzimáticas que aunque

lentas, pudieron haber inducido proteólisis de las miofibrillas con mayor intensidad en la carne de los animales adultos, mejorando relativamente más la terneza de la misma, reduciendo las diferencias con la de los animales jóvenes. Este fenómeno está explicado en la literatura y se atribuye a que los cristales que se forman durante la congelación se localizan intracelularmente provocando ruptura del tejido celular y expansión del tejido conectivo lo que tiene un efecto mecánico de aumentar la terneza. Aunado a esto, la acción enzimática, aunque reducida, continúa e hidroliza proteínas miofibrilares con el consecuente efecto de mejorar la terneza de la carne (Levie, 1963).

Las estructuras y funciones del músculo son los responsable primarios de la terneza. Los músculos son heterogéneos y variables dentro de ciertos límites. Estas diferencias dependen y se relacionan con las características de los animales y el manejo antes de la faena (genotipo, edad, sexo, peso, estado nutricional y sanitario, región de origen, transporte, temperamento, estrés antes y durante el sacrificio). Muchos de estos factores no se tuvieron en consideración en el presente trabajo lo que dificulta explicar el comportamiento de las variables analizadas más allá del ámbito especulativo.

Tabla 10. Valores de terneza por Warner Bratzler de muestras de carne cruda de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Terneza en carne cruda kg/1.27 cmΦ Promedio ± DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	1.53 ± 0.31 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	2.74 ± 0.29 b
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	5.01 ± 0.30 c
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	2.98 ± 0.24 a
5 o más incisivos	3.20 ± 0.25 a
<b>Localidad</b>	
Arecibo	3.44 ± 0.29 a
Naguabo	3.13 ± 0.32 a
Yauco	2.71 ± 0.28 a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer.  
Coeficiente de variación = 54.82 %.

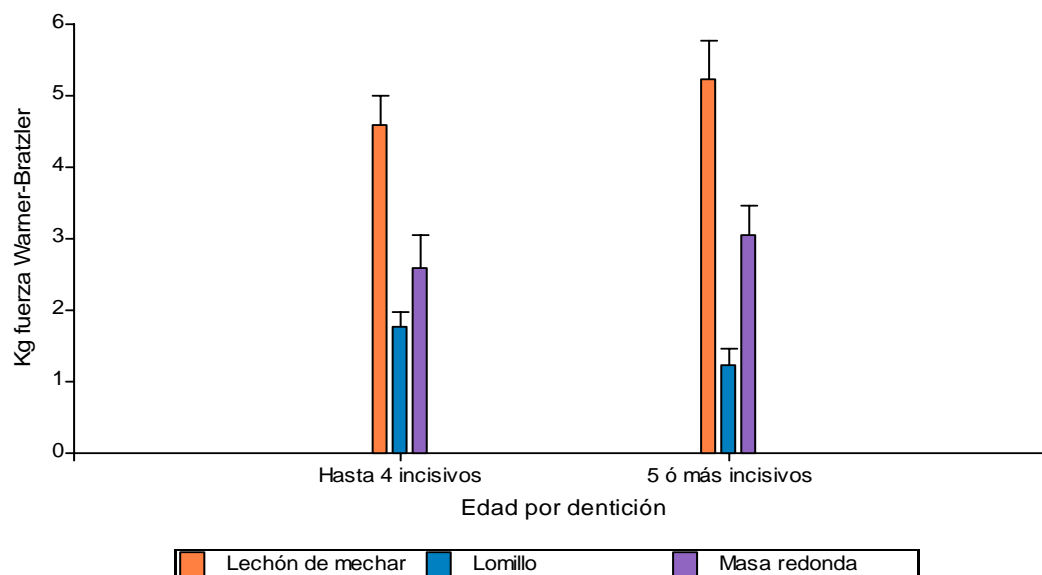


Figura 12. Efecto de la edad sobre la terneza por Warner-Bratzler en muestras de carne cruda de músculos bovinos.

### **5.2.2. Terneza por Warner - Braztler de carne cocida.**

Se encontró efecto significativo de la localidad sobre la terneza de la carne cocida ( $P < 0.05$ ). Los cortes procedentes de Naguabo fueron los que presentaron los menores valores de resistencia al corte comparados con las otras dos localidades. (Tabla 11, Figura 13). Este resultado no es fácil de explicar a la luz de las variables analizadas. Podría especularse que quizás en Naguabo se haya sacrificado animales más jóvenes al momento de registrarse la información para este estudio, lo cual implicaría un desbalance en la composición de los grupos de edad entre mataderos. Ello es poco probable basado en el hecho del cuidado que se puso en identificar las canales por edad de las que se obtuvieron las muestras de carne. Por otra parte, no se encontró efecto de la localidad sobre la terneza de la carne cruda, lo cual daría peso al comentario anterior. En consecuencia y siempre dentro de la faz especulativa, habría que pensar en factores intrínsecos a la carne que se hubieren afectado diferentemente por el manejo de los animales pre-matanza y de las canales postmortem que produjo una interacción distinta con el método de cocción como causales del efecto de localidad sobre la terneza de las muestras cocidas. En este sentido, llama la atención que los animales sacrificados en Naguabo poseían mayor porcentaje de humedad (Tabla 4) lo que podría indicar un mejor manejo previo al sacrificio, con bajos niveles de estrés, pH ligeramente alcalino (5.8-6.0), lo que redundaría en una interacción con la cocción favorable a la terneza del producto (Smulders et al., 1990; Aberle et al., 2001).

El contenido de grasa intramuscular podría considerarse como otra posible causa de este efecto de localidad sobre la terneza de la carne cocida, pero tanto en las muestras crudas como cocidas no se encontró diferencia ( $P > 0.05$ ) en dicho depósito de grasa debida a localidad (Tablas



8 y 11). Existen estudios que indican de un efecto protector de la grasa intramuscular respecto a la desnaturalización de las proteínas por la cocción, lo que eventualmente mejoraría la ternura de la carne (Pearson, 1966; Hedrick et al., 1994; Miller citado por Obuz et al., 2004). Sin embargo, los niveles de grasa encontrados en el presente estudio fueron bajos (3.04% y 3.77%, en carne cruda y cocida) como para que se produjera algún efecto similar al enunciado.

No se encontró efecto significativo de la edad sobre la ternura de la carne cocida ( $P > 0.05$ ) como tampoco se había observado en las muestras de carne cruda (Tablas 18 y 19). Este resultado sorprende en parte ya que se esperaba que los animales de 5 y más incisivos permanentes presentaran carne más dura.

Honikel (1998) sostiene que durante el calentamiento las diferentes proteínas de la carne se desnaturalizan lo que causa cambios estructurales tales como la destrucción de las células de las membranas, encogimiento transversal y longitudinal de las fibras del músculo, la coagulación de las proteínas sarcoplásmicas y el encogimiento del tejido conectivo. Aunque este último no aumente mucho con la edad, la solubilidad del colágeno disminuye por los cambios que se realizan en su micro estructura lo que deriva en carne más dura en los animales adultos. Son estas alteraciones del tejido conectivo y no tanto el tipo y cantidad de sus fibras causa importante de la disminución de la ternura de la carne con la edad del animal (Wilson et al., 1981). Otros estudios incluyen, además, la cantidad de colágeno en el músculo como factor coadyuvante en esta disminución de la ternura con la edad (Shorthose y Harris, 1990; Wulf et al., 1996).

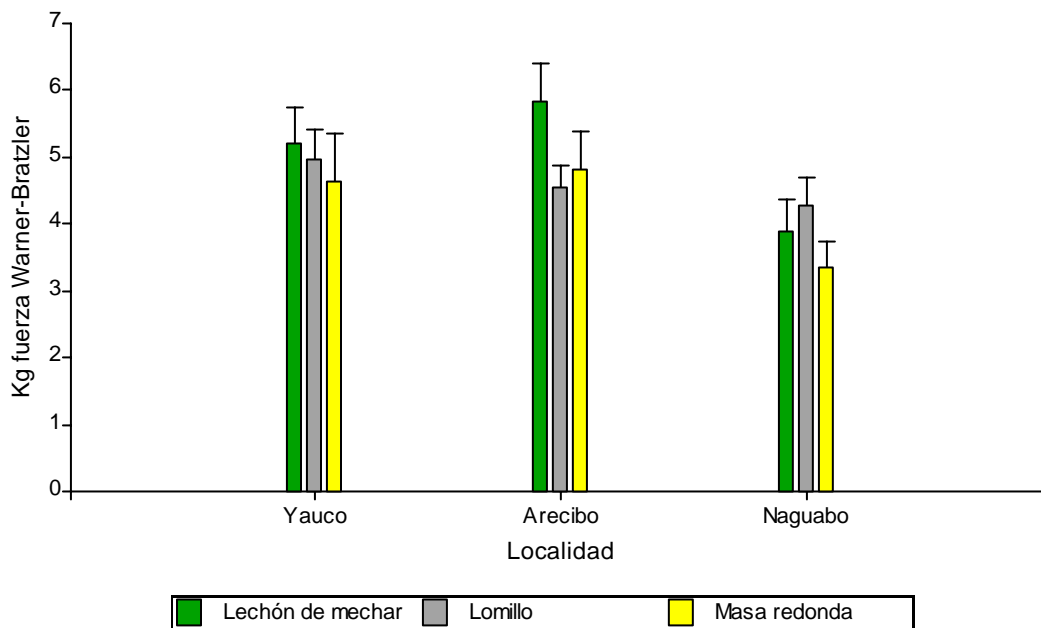
En el presente trabajo la edad no influyó en la ternura de la carne cocida. El largo periodo de almacenamiento a que fueron sometidas las muestras congeladas junto a altibajos de temperatura que pudieron haber ocurrido durante ese tiempo contribuyeron a que se manifestara

cierta acción enzimática que causara proteólisis de las proteínas miofibrilares. Al ser éstas sometidas al proceso de cocción se degradaron fácilmente, nivelando los valores de terneza y reduciendo las diferencias que pudieron haberse dado debido a la edad de los animales. Soria y Corva (2004) sostienen que la magnitud del proceso de proteólisis postmortem sería el mayor responsable de la variación de la terneza de la carne.

Los datos no revelaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los músculos en la terneza de las muestras cocidas (Tabla 19). La cocción de la carne anuló las diferencias significativas observadas en las muestras crudas (Tabla 18). En estas últimas, el promedio de kilogramos de resistencia al corte en el Warner-Bratzler fue de 3.09 versus 4.58 en las muestras cocidas. Hubo una disminución general en la terneza al cocinarse la carne pero también se redujo la variación relativa alrededor del promedio respecto a la carne cruda según el coeficiente de variación (6.66 versus 12.21%). La distinta reacción de los músculos a la cocción produjo que la terneza de la carne cocida fuera similar para los tres evaluados. Los resultados discrepan con lo reportado por la literatura científica que ha encontrado diferencias sobre todo entre el *Longissimus dorsi* y el *Semimembranosus*, atribuyéndolas al contenido de tejido conectivo: aquellos con menor contenido son más tiernos, en este caso el *Longissimus* (Rambotton citado por Rivera 1987; Hostetler et al. 1972). Garriz (1994) considera al tejido conectivo como el socio estructural del músculo que determina la terneza de la carne y que por lo tanto lo asocia a las diferencias propias en terneza dentro y entre músculos de la canal bovina. Y en este caso, como se mencionó antes, la estructura del colágeno es relativamente más importante que la cantidad. Ritchey y Hostetler (1964), Field et al. (1970), Cross et al. (1973) y Mc Keith et al. (1985), encontraron correlaciones bajas entre el contenido de colágeno y la terneza de los músculos. La desnaturalización de las proteínas miofibrilares ha sido también mencionada como factor

importante en la disminución de la terneza con la cocción, sobre todo entre los 40 y 60°C (Bouton y Harris, 1972; Christensen et al., 2000).

Las consideraciones precedentes indican la complejidad del atributo terneza de la carne bovina por los innumerables factores involucrados que la afectan. El presente estudio no buscaba profundizar en estos factores, solo determinar si existían diferencias en la terneza estimada por un método convencional y muy utilizado como lo es el Warner- Bratzler.



**Figura 13.** Efecto de la edad sobre la terneza por Warner-Bratzler en muestras de carne cocida de músculos bovinos.

Tabla 11. Valores de terneza por Warner-Bratzler de muestras de carne cocida de bovinos de dos edades diferentes, hasta 4 y 5 ó más incisivos permanentes.

Fuente de Variación	Terneza en carne cocida kg/1.27 cm $\Phi$ Promedio $\pm$ DE
<b>Músculo</b>	
Lomillo ( <i>Longissimus dorsi</i> )	4.56 $\pm$ 0.31 a
Masa redonda ( <i>Semimembranosus</i> )	4.27 $\pm$ 0.3 a
Lechón de mechar ( <i>Semitendinosus</i> )	4.91 $\pm$ 0.30 a
<b>Edad</b>	
Hasta 4 incisivos	4.70 $\pm$ 0.24 a
5 o más incisivos	4.46 $\pm$ 0.26 a
<b>Localidad</b>	
Arecibo	4.99 $\pm$ 0.29 b
Naguabo	3.79 $\pm$ 0.33 a
Yauco	4.94 $\pm$ 0.29 b

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Tukey-Kramer.

Coefficiente de variación = 37.50 %.

#### 4. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en el presente trabajo, se puede concluir lo siguiente:

1. No se encontró efecto significativo ( $P>0.05$ ) de la edad (animales hasta con 4 incisivos y con 5 ó más incisivos) sobre el contenido de agua, proteína, colesterol y terneza por Warner-Bratzler de la carne bovina.
2. El contenido de grasa intramuscular de los animales hasta con 4 incisivos fue significativamente ( $p<0.05$ ) menor (1.89%) que la de los animales con 5 ó más incisivos (2.73%) en carne cruda y en carne cocida (2.98 vs 4.56% respectivamente) para las muestras analizadas en Mayagüez. En los datos obtenidos en carne cruda en Gainesville, EEUU se observó la misma tendencia 2.60% para los animales con hasta 4 incisivos y 3.48% para los animales con 5 o más incisivos.
3. Los cortes procedentes del matadero de Naguabo presentaron un contenido significativamente mayor ( $P<0.05$ ) de agua (75.05%) que los cortes procedentes de Arecibo (74.07%) y Yauco (73.55%).
4. El contenido promedio de proteína (20.38%) estuvo dentro del entorno reportado para la carne bovina.
5. El contenido promedio de colesterol fue de 56.41 mg/100 g de muestra que se considera bajo debido al tipo de alimentación en base al pastoreo de gramíneas tropicales.
6. El lomillo (*Longissimus dorsi*) resultó ser significativamente ( $P<0.05$ ) el más tierno de los tres músculos evaluados por Warner-Bratzler en carne cruda.

7. Se detectaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre localidades, donde los cortes de carne cocida procedentes de los animales sacrificados en el matadero de Naguabo resultaron ser más tiernos que los dos restantes, Arecibo y Yauco.
8. Los resultados obtenidos indican que la carne vacuna producida en Puerto Rico se puede clasificar como medianamente tierna, con un bajo nivel de grasa intramuscular y de colesterol, lo que la caracteriza como un alimento magro y por ende, saludable para el consumidor.

## 5. Recomendaciones

Las propiedades químicas y sensoriales son importantes para el consumidor. Se debe mejorar la ternera de la carne de res producida en Puerto Rico que aparenta ser, en base a los resultados del presente estudio, su mayor limitante. Para ello se sugiere que se realicen estudios como los siguientes:

1. Evaluar más en detalle variables que afectan la ternera como son la raza, el sexo, manejo *antemortem* y *postmortem* del animal para tener una idea de su rol y así poder establecer decisiones que conduzcan a mejorarla.
2. Analizar el efecto de la edad de los animales sobre la ternera mas allá de lo realizado en este estudio, incluyendo toda la gama de incisivos para los pesos vivos normales de sacrificio. Evitar en lo posible efectos confundidos como raza y sexo en la variable de interés.
3. Estudiar los posibles beneficios de técnicas *postmortem* como estimulación eléctrica de las canales y de maduración de la carne (“aging”) sobre la ternera de la misma y sus interacciones con la edad de los bovinos.
4. Evaluar el efecto de la alimentación en los bovinos sobre las propiedades químicas, principalmente colesterol, grasa saturada, grasa poliinsaturada, ácido linoleico conjugado (CLA), para obtener evidencia adicional de que la carne de res producida en Puerto Rico es saludable para poder así estimular su consumo.
5. Con la información que se disponga y se vaya generando, considerar el desarrollar un sistema simple y práctico de clasificación de canales bovinas por

calidad de la carne con énfasis en su ternura. Ello permitirá mejorar el mercadeo de este alimento e impulsar la industria afín en Puerto Rico.



## Bibliografía

- Aberle, E. D., J.C. Forrest, D. E. Gerrard, E.W. Mills, H.B. Hedrick, M.D. Judge, y R..A. Merkel 2001. Principles of meat science. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Acevedo, M. 2004. Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada según se ofrece al consumidor. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 71.
- American Meat Institute Foundation. 1960. The science of meat and meat products. W. H. Freeman Company.
- AMSA. 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Am. Meat Sci. Assoc., Chicago, Il.
- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza (España).
- AOAC. 1990. Official methods of analysis (15<sup>th</sup> Ed.) Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Aranda, M.V., N. Brave y R. Casagrande. 2002. Colesterol en bovinos. INTA. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica). Visitada en Junio 2003.
- Bailey, A. y N. Light. 1989. Connective tissue in meat and meat products. Elsevier Science Publisher LTD, London.
- Bavera, G.A. 2005. Calidad de la carne. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica). Visitada en enero 2006.
- Boles, J.A. y J.E. Swan. 2002. Processing and sensory characteristics of cooked roast beef: effect of breed, age, gender and storage conditions. Meat Science 62: 419-427.
- Boune, M.C. 1982. Food texture and viscosity concept and measurement. Academic Press New York.
- Bouton, P.E. y P.V. Harris. 1972. The effects of cooking temperature and time on some mechanical properties of meat. Journal of Food Science 37: 140-144.
- Burson, D.E. y M.C. Hunt. 1986. Heat- induced changes in the proportion of types I and III collagen in *Longissimus dorsi*. Journal of Animal Science 17: 153- 156.

- Chizzolini, R., E. Zanardi, V. Dorigoni y S. Chidini. 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology* 10: 119-128.
- Cianzio, D. 2001. Situación y perspectivas de la industria de carne bovina. Informe al Primer Congreso Agropecuario de Puerto Rico. Colegio de Agrónomos, 29 de junio de 2001. 45.
- Cifuni, G.F., F. Napolitano, A.M. Riviezzi, A. Braghieri. y A. Girolani. 2004. Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from podolian young bulls. *Meat Science* 67: 289-297.
- Cross, H.R., Z.L. Carpenter y G.C. Smith. 1973. Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. *Journal Food Science* 38: 998.
- Christensen, M., P.P. Purslow. y L.M. Larsen. 2000. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Science* 55: 301-307.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Septiembre 2004.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Septiembre 2005.
- Depetris, J. 2000. Calidad de la carne vacuna. Producción bovina de carne. [http://produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/12-calidad\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.htm](http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/12-calidad_de_la_carne_vacuna.htm). Visitada en Septiembre 2005.
- Destefanis, G., M.T. Barge, A. Brugiapaglia y S. Tassone 2000. The use of principal component analysis (PCA) to characterize beef. *Meat Science* 56: 255-259.
- Destefanis, G., A. Brugiapaglia, M.T. Barge y C. Lazzaroni. 2003. Effect of castration on meat quality in Piemontese Cattle. *Meat Science* 64: 215-218.
- Dikeman, M.E., G.B. Reddy, V.H. Arthaud, H.J. Tuma, R.M. Koch, R.W. Mandigo y J. Axe. 1987. *Longissimus* muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *Journal Animal Science*. 63: 92-101.
- Elliot, R. (1995). Learning SAS in the computer Lab. Wadsworth Belmont (CA).

- Farfán, N.B. y N. Sammán. 2003. Retention of nutrients in processed cuts of Creole cattle. *Journal of Food Composition and Analysis* 16: 459-468.
- Fennema, D.R. 1996. Food chemistry. 3<sup>th</sup> Ed. Marcel Dekker Inc. New York.
- Field, R.A., A.M. Pearson y B.J. Schweigert. 1970. Labile collagen from epimysial y intramuscular connective tissue as related to Warner-Bratzler shear values. *Journal Agriculture Food Chemistry* 18 (2): 280
- Forrest, J.C., E.D. Aberle, H.B. Hedrick, M.D. Judge y R. Merkel. 1979. Fundamentos de ciencia de la carne. Editorial Acribia. Zaragoza (España).
- García, P., N. Pensel y C. Margaría. 1996. Menos colesterol y grasa que la de pollo. Boletín del Centro de Consignatarios Directos de Hacienda. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/10-menos\\_colesterol\\_y\\_grasa\\_que\\_la\\_de\\_pollo.htm](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/10-menos_colesterol_y_grasa_que_la_de_pollo.htm). Visitada Junio 2003.
- Garriz, C. A. 1994. Colgado de la res y terneza de la carne Cia. Ita. INTA. Castelar. Convenio Inta/ CCDH. Publicación Revista CCHD Argentina enero. [http://www.produccionbovina.com/informacion\\_tecnica](http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica). Visitada en Junio 2003.
- Garriz, C. A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. Cia. Ita. INTA. Disertación Jornada Ganadería Vacuna, Fac. Agr. y Vet. URNC. Argentina. [http://produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/14-calidad\\_organoleptica\\_de\\_la\\_carne\\_vacuna.htm](http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/14-calidad_organoleptica_de_la_carne_vacuna.htm). Visitada en Septiembre 2005.
- Geay, Y., D. Bauchart, J.F. Hocquette y Y.J. Culioli. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development* 41:1-26
- Gil, A. y S Huertas. 2000. Carne vacuna del Uruguay: natural y adecuada para una dieta saludable. Junio. <http://www.inac.gub.uy/carne.htm>. Visitada en Julio 2003.
- Gil, A. y S. Huertas. 2003. Efectos de los diferentes sistemas de producción de bovinos sobre la composición y calidad de las carnes. *Rev. Med. Uruguay* 19:182-184. <http://publicaciones.smu.org.uy/publicaciones//rmu/2003v2/art-12.pdf>. Visitada en Enero 2006.
- GTBC. Grupo de Trabajo en Bovinos para Carne Departamento de Industria Pecuaria Recinto Universitario de Mayagüez (GTBC). 2001. Estación Experimental Agrícola. Boletín 299.

- GTBC. Grupo de Trabajo en Bovinos para Carne Departamento de Industria Pecuaria Recinto Universitario de Mayagüez (GTBC). 2005. Estación Experimental Agrícola. Nuestra carne de res. 9:3-4
- Harper, G.S., P.G. Allingham, R.P. Le Feuvre. 1999. Changes in connective tissue of m. *Semitendinosus* as a response to different growth path in steers. *Meat Science* 53: 107-114.
- Hedrick, H.B., E.D. Aberle, J.C. Forrest, M.D. Judge y R.A. Merkel. 1994. Principles of meat science. Third edition. Kendal/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49: 447-457.
- Hostetler, R.L., B.A. Link, W.A. Landmann y H.A. Fitzhugh. 1972. Effect of carcass suspension on sarcomere length and shear force of some major bovine muscles. *Journal of Food Science* 37: 132-135.
- Hwang, I.H. y J.M. Thompson. 2001. The effect of time and type of electrical stimulation on the calpain system and meat tenderness in beef *longissimus dorsi* muscle. *Meat Science* 58: 135-144.
- Igene J.O., A.M. Pearson, R.A. Merkel y T.H. Coleman. (1979) Effect of frozen storage time, cooking and holding temperature upon extractable lipids and tba values of beef and chicken. *Journal of Animal Science* 49: 701-707.
- Jiménez, F. 2000. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. *Trends in Food Science & Technology* 11: 56-66.
- Kauffman, R.G. 1993. Opportunities for the meat industry in consumer satisfaction. *Food Technology* 47: 132-134.
- Kerr, W.L., R. Li y R.T. Toledo. 2000. Dynamic mechanical analysis of marinated chicken breast meat. *Journal of Texture Studies* 31: 421- 436.
- Kim, K.H., Y.S. Kim, Y.K. Lee y M.G. Baik. 2000. Postmortem muscle glycolysis and meat quality characteristics of intact male Korean native (Hanwoo) cattle. *Meat Science* 55: 47-52.
- Koohmaraie, M., S.C. Seideman, J.E. Schollmeyer, T.R. Dutson y A.S. Babiker. 1988. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal of Food Science* 53: 407-410.

- Koohmaraie, M., T.L.Wheeler y S.D. Shackelford. 1997. Beef tenderness: Regulation and prediction. USDA- ARS U.S. Meat animal research center. Clay Center. <http://meats.marc.usda.gov/mrv.www/tendrev/tendrev.html>. Visitada en julio 2003.
- Lawrie, R.A. 1991. Meat Science. 5<sup>th</sup> Edition. Pergamon Press. Oxford.
- Levie, A. 1963. The meat handbook. The Avi publishing Company Inc. Westpat, Connecticut.
- Li, J., J.Tan y P.Shatadal. 2001. Classification of tough and tender beef by image texture analysis. Meat Science 57: 341-346.
- Light, N. 1987. The role of collagen in determining the texture of meat. En Advances in meat research. Volumen 4. Van Nostrand. New York.
- Listrat, A., N. Rakadjiyski, C. Jurie, B. Picard, C. Touraille y Y. Geay. 1999. Effect of the type of diet on muscle characteristics and meat palatability of growing salers bulls. Meat Science 53: 115-124.
- Lu, R. y Y. Chen. 1999. Shear properties and Warner-Bratzler tenderness measurement of beef. Journal of Texture Studies 30: 361-375
- McBee, J.L. y J.A. Wiles. 1967. Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. Journal Animal Science 26-701.
- Mc Keith, F.C.M., D.L. De vol, R.S. Miles, P.J. Bechtel y T.R. Carr. 1985. Chemical and sensory properties of thirteen major beef muscles. Journal of Food Science 50:869-872.
- Maher, S.C., A.M. Mullen, D.J. Buckley, J.P. Kerry y A.P. Moloney. 2005. The influence of biochemical differences on the variation in tenderness of *M. longissimus dorsi* of Belgian Blue steers managed homogenously pre and post-slaughter. Meat Science 69:215-224
- Maher, S.C., A.M. Mullen, M.G. Keane, D.J. Buckley, J.P. Kerry y A.P. Moloney. 2004. Decreasing variation in the eating quality of beef through homogenous pre and post-slaughter management. Meat Science 67:33- 43.
- Mertz W. 1986. Designing animals and animal products to fit consumer needs. Journal Animal Science 62, Suppl 1: 55-59.
- Morrisey, P.A., P.J.A. Sheehy, K. Galván, J.P. Ferry y D.J. Buckley. 1998. Lipid stability in meat and meat products. Meat Science 49, Suppl 1: S73 – S86.

- Mortensen, M., H.J. Andersen, S.B. Engelsen y H.C. Bertram. 2006. Effect of freezing temperature, thawing and cooking rate on water distribution in two pork qualities. *Meat Science* 72: 34-42.
- Nielsen, S.S. 2003. *Food Analysis*. Third Edition. Klumer Academic/Plenum/Publisher. New York.
- Obuz, E., M.E. Dikeman, J.P. Grobbel, J.W. Stephens y T.M. Loughin. 2004. Beef *longissimus lumborum*, *biceps femoris* and deep *pectoralis* Warner-Bratzler shear force is affected differently by endpoint temperature, cooking method and USDA quality grade. *Meat Science* 68: 243-248.
- Olivan, M., A. Martinez, K. Osoro, C. Sañudo, B. Panea, J.L. Olleta, M.M. Campo, M.A. Oliver, X. Serra, M. Gil y J. Piedrahita. (2004) Effect of muscular hypertrophy on physico-chemical, biochemical and texture traits of meat from yearling bulls. *Meat Science* 68: 567-575.
- O'Neill, D.J., D.J. Troy y A.M. Mullen. 2004. Determination of potential inherent variability when measuring beef quality. *Meat Science* 66: 765-770.
- Ott, R.L. y M. Longnecker. (2001). *An introduction to statistical methods and data analysis*. 5ta ed. Duxbury Pacific Grove (CA).
- Pagán, M. 1997. Características químicas y organolépticas de músculos del cuarto trasero de toretes Holstein, Charbray y Brahman. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayaguez, P. R.
- Pearson, A.M. 1966. Desirability of beef- its characteristics and their measurement. *Journal of Animal Science* 25: 843-851.
- Pearson, A.M. y T.A. Gillet. 1999. *Processed meats*. Third edition. Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Peluffo, M. y M. Rodríguez. 2002. Terneza: una característica a tener en cuenta. Instituto Plan Agropecuario, Uruguay.  
[http://produccionbovina.com/informacion\\_tecnica/carne\\_y\\_subproductos/02-terneza.htm](http://produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/02-terneza.htm). Visitada en Septiembre 2005.
- Pie, J.E., K. Spahis y C. Seillan. 1991. Cholesterol oxidation in meat products during cooking and frozen storage. *Journal Agriculture Food Chemistry* 39: 250-254.
- Pietrasik, Z. y P.J. Shand. 2004. Effect of blade tenderization and trumbling time on the processing characteristics and tenderness of injected cooked roast beef. *Meat Science* 66: 871-879.

- Piironen, V., J. Torvo y A.M. Lampi. 2002. New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis*. 15: 705-713.
- Rhee, K.S., T.R. Dutson, G.C. Smith, R.L Hostetter y R. Reiser. 1982. Cholesterol content of raw and cooked beef *Longissimus* muscles with different degrees of marbling. *Journal of Food Science* 47: 716-719.
- Ritchey, S.J. y R.L. Hostetler. 1964. Characterization of the eating quality of four beef muscles from animals of different ages by panel scores, shear-force values, extensibility of muscles fibers and collagen content. *Food Technology* 18:123-126.
- Rivera, A. 1987. Efecto de la longitud de almacenamiento postmortem y enternecimiento mecánico sobre las características organolépticas de la carne de toretes Holstein y Braman. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayaguez P.R.
- Serra, X., M. Gil, M. Gispert, L. Guerrero, M.A. Oliver, C. Sañudo, M.M. Campo, B. Panea, J.L. Olleta, R. Quintanilla y J. Piedrafita. 2004. Characterization of young bulls of the Bruna del Pirineus cattle breed (selected from old Brown Swiss) in relation to carcass, meat quality and biochemical traits. *Meat Science* 66: 425-436.
- Shakelford, S.D., T.L. Wheeler y Koohmaraie, M. 1995. Relationship between shear force and trained sensory panel tenderness ratings of 10 major muscles from “Bos indicus” and “Bos Taurus” cattle. *Journal Animal Science*. 73:3333-3340.
- Shorthose, W. R. y P.V. Harris. 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *Journal of Food Science* 55:1 -8.
- Smulders, F.J.M., B.B. Marsh, D.R. Swartz, R.L. Russell y M.E. Hoenecke. 1990. Beef tenderness and sarcomere length. *Meat Science* 28: 349-363.
- Soria, L.A. y P.M. Corva. 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la ternera de la carne bovina. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12(2):73-88.
- Spadaro, V., D.H. Allen, J.T. Keeton, R. Moreira y R. Boleman. (2002). Biomechanical properties of meat and their correlation to tenderness. *Journal of Texture Studies* 33: 59-87.
- Spanier, A.M., M. Flores, F. Toldrá, M.C. Aristoy, K.L. Bett, P. Bystricky y J.M. Bland. 2004. Meat flavor : contribution of proteins and peptides to the flavor of beef. In *Quality of fresh and processed foods*. Editado por Fereidoon Shahidi. Arthur M Spanier , Chi-Tang Ho, Terry Braggins. Klumer Academic/ Plenum Publishers. New York.
- Stryer, L. 1988. *Bioquímica*. Tercera edición. Editorial Reverté, Barcelona (España).

- Swize, S.S., K.B. Harris, J.W. Savell y H.R. Cross. 1992. Cholesterol content of lean and fat from beef, pork and lamb cuts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 5: 160-167.
- Vestergaard, M., M. Therkildsen, P. Henckel, L.R. Jensen, H.R. Andersen y K. Sejrsen. 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fiber characteristics, fiber fragmentation and meat tenderness. *Meat Science* 54: 187-195.
- Wahmund-Wyle, J.L., K.B. Harris y J.W. Savell. 2000. Beef retail cut composition: 2. Proximate Analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 13: 243-251.
- Warris, P.D. 2000. *Meat Science: An introductory text*. CABI publishing. New York, USA.
- Wheeler, T.L., L.V. Cundiff, S.D. Shackelford y M. Koohmaraie. 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and *longissimus* palatability. *Journal Animal Science* 79:1209-1222.
- Wheeler, T.L. y M. Koohmaraie. 1994. Prerigor y postrigor changes in tenderness of ovine *Longissimus* muscle. *Journal Animal Science* 72: 1232-1238.
- Wheeler, T.L., G.W. Davis, B.J. Stoecker y C.J. Harmon. 1987. Cholesterol concentration of *Longissimus* muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *Journal Animal Science* 65:1531-1537.
- Wilson, N.R.P., E.J. Dyett, R.B.Hughes y C.R.V. Jones. 1981. *Meat and Meat products. Factors affecting quality control*. Applied Science Publishers. London.
- Wood, J.D. 1990. Consequences for meat quality of reducing carcass fatness. En *reducing fat in meat animals*. J.D Wood y A.V. Fisher (Ed). Elsevier Applied Science. London.
- Wulf, D.M., J.B. Morgan, J.D. Tatum y G.C. Smith. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpatatin activity, subprimal cut, calcium injection y degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *Journal Animal Science* 74: 569-576.



## Apéndices

Tabla 12. Análisis de varianza para el porcentaje de humedad en muestras de carne cruda

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	0.2043
Edad	1	0.0905
Localidad	2	0.0475 *
Músculo x edad	2	0.4215
Músculo x localidad	4	0.1372
Edad x localidad	2	0.2381
Músculo x edad x localidad	4	0.4801

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo.

Tabla 13. Análisis de varianza para el porcentaje de proteína en muestras de carne cruda

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	0.1413
Edad	1	0.2548
Localidad	2	0.4517
Músculo x edad	2	0.7090
Músculo x localidad	4	0.1782
Edad x localidad	2	0.7493
Músculo x edad x localidad	4	0.2093

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 14. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda.

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	0.6482
Edad	1	0.0347 *
Localidad	2	0.1889
Músculo x edad	2	0.5852
Músculo x localidad	4	0.2609
Edad x localidad	2	0.1299
Músculo x edad x localidad	4	0.6081

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 15. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda realizadas en el laboratorio de Florida.

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	<0.0001 *
Edad	1	0.0027 *
Localidad	2	0.6228
Músculo x edad	2	0.0924
Músculo x localidad	4	0.2189
Edad x localidad	2	0.0325 *
Músculo x edad x localidad	4	0.6185

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 16. Análisis de varianza para el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cocida

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	0.4410
Edad	1	0.0019*
Localidad	2	0.9755
Músculo x edad	2	0.4026
Músculo x localidad	4	0.3581
Edad x localidad	2	0.8069
Músculo x edad x localidad	4	0.9590

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 17. Análisis de varianza para el contenido de colesterol en muestras de carne cruda

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	1	0.1410
Edad	1	0.1188
Localidad	2	<0.0001 *
Músculo x edad	1	0.2987
Músculo x localidad	2	0.1267
Edad x localidad	2	0.0157 *
Músculo x edad x localidad	2	0.0815

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 18. Análisis de varianza para la terneza en muestras de carne cruda

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	<0.0001 *
Edad	1	0.5226
Localidad	2	0.2001
Músculo x edad	1	0.2827
Músculo x localidad	4	0.4665
Edad x localidad	2	0.4569
Músculo x edad x localidad	4	0.9672

\*P < 0.05 es estadísticamente significativo

Tabla 19. Análisis de varianza para la terneza en muestras de carne cocida

EFEECTO	GRADOS DE LIBERTAD	P > F
Músculo	2	0.3240
Edad	1	0.4932
Localidad	2	0.0126 *
Músculo x edad	1	0.4071
Músculo x localidad	4	0.7859
Edad x localidad	2	0.1927
Músculo x edad x localidad	4	0.2477

\* P < 0.05 es estadísticamente significativo