

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
FACULTAD DE AGRONOMIA
ESCUELA DE ZOOTECNIA

EFECTO DE LA EDAD Y EL SEXO DEL GANADO
CEBUINO DE DOS ZONAS DEL NORTE DE COSTA
RICA SOBRE EL RENDIMIENTO Y LAS
CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LA CARNE

Tesis para optar por el grado de Licenciatura en
Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia

Aprobada con Mención Honorífica

Carolina Feoli Peña

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

San José, Costa Rica

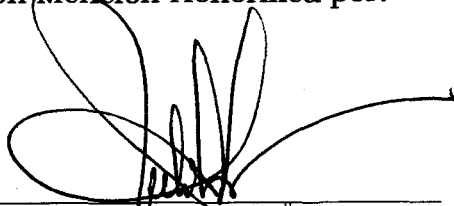
2002

TRIBUNAL EXAMINADOR

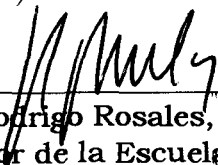
Tesis de graduación presentada a la Escuela de Zootecnia como requisito parcial para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Agronómica con énfasis en Zootecnia por:

Carolina Feoli Peña

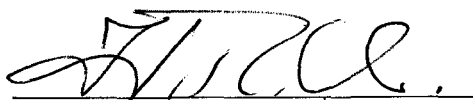
Aprobado con ~~Mención~~ Mención Honorífica por:




Ing. Julio Chaves, M.Sc.
Director de Tesis



Ing. Rodrigo Rosales, M.Sc.
Director de la Escuela de Zootecnia



Dr. Henry Soto, Ph.D.
Miembro del Tribunal de Graduación



Lic. Eliana Mora
Miembro del Tribunal de Graduación



Dr. Gerardo Vargas, M.V. , CORFOGA
Miembro del Tribunal de Graduación

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar un profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra forma participaron en este largo proceso y ayudaron a hacer posible su culminación. Menciono algunas de ellas.

A don Julio Chaves, por su carácter de motivador y conciliador, por su valiosa asesoría y por su compromiso con el trabajo en equipo.

A don Gerardo Vargas y a CORFOGA, por proveer las condiciones y el financiamiento necesario para la realización de este proyecto.

A Henry Soto, por su ayuda y asesoría en la parte formal de la tesis y por ser un excelente maestro. A Eliana Mora, por su colaboración en la revisión de este trabajo.

A quienes colaboraron como facilitadores en ciertas etapas de la investigación: a ICI, en especial a Adrián Astúa y don Roberto Montero, a Douglas y otros personeros de CoopeMontecillos y a El Arreo.

Especial agradecimiento para doña Sandra Calderón, Rubén, Mónica Lois al personal del laboratorio de química del CITA por la ayuda y asesoría que brindaron en el análisis sensorial y químico de la carne.

A todos los que muy amablemente estuvieron dispuestos a pasar frío en los talleres de deshuese, a Pablo B., Esteban C., Javier, Luis Rojas, Aurea Z., Eliécer, Adolfo G., Manrique Z. y todos los demás: gracias.

A mis compañeros de carrera, cómplices de un largo esfuerzo compartido.

Y finalmente, porque *los últimos serán los primeros*, el más grande de los agradecimientos para toda mi familia, en especial a mis papás, por su apoyo constante y por ofrecerme la oportunidad de estar aquí.

A Eliécer, mi gran compañero, por su ayuda y ejemplo de perseverancia.

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	3
II.1. Objetivos Generales	3
II.2. Objetivos Específicos	3
III. MARCO TEORICO	5
III.1. Atributos de la clasificación de canales	6
III.2. Diferencia entre sistemas de clasificación de varios países	8
III.3. Tipos de calidad	9
III.4. Control de factores <i>ante mortem</i>	11
III.4.1. Sexo	11
III.4.2. Edad	11
III.4.3. Grupo racial	13
III.4.4. Alimentación	14
III.4.5. Estrés	15
III.5. Control de factores <i>post mortem</i>	15
III.6. Variables de medición	17
III.6.1. Grado de terneza / suavidad	19
III.6.2. Relación del pH con la textura de la carne	21
III.6.3. Color de la carne como indicador de terneza	22
IV. MATERIALES Y METODOS	25
IV.1. Unidades experimentales	25
IV.2. Variables evaluadas	26
IV.3. Procedimiento general:	28
IV.3.1. Procesamiento industrial de los animales.	28
IV.3.2. Procedimiento para la medición de pH	31
IV.3.3. Procedimiento del deshuese	32
	iv

IV.3.4. Medición del área del ojo del lomo	33
IV.3.5. Método HunterLab para la medición del color del lomo	33
IV.3.6. Procedimiento de la medición de fuerza de corte	33
IV.4. Descripción del análisis estadístico	34
IV.4.1. Variables analizadas	34
IV.4.2. Análisis estadístico	35
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
V.1. Efecto del sexo	36
V.1.1. Características de la canal	36
V.1.2. Rendimiento del deshuese	38
V.1.3. Características organolépticas	40
V.1.4. Pérdidas de humedad	41
V.1.5. Características nutricionales	43
V.1.6. Correlación entre pH y suavidad	44
V.1.7. Correlación entre características de la canal y rendimiento	45
V.1.8. Correlación entre color y pérdidas de humedad	46
V.2. Efecto de la edad	47
V.2.1. Características de la canal	47
V.2.2. Rendimiento del deshuese	49
V.2.3. Características organolépticas	51
V.2.4. Pérdidas de humedad	52
V.2.5. Características nutricionales	53
V.2.6. Correlación entre pH y suavidad	54
V.2.7. Correlación entre características de la canal y rendimiento	55
V.3. Efecto del lugar de procedencia	56
V.3.1. Características de la canal	56
V.3.2. Rendimiento del deshuese	58
V.3.3. Características organolépticas	59
V.3.4. Pérdidas de humedad y pH	60
V.4. Análisis del color del lomo a 24 horas <i>post mortem</i>	61
V.5. Curvas de pH	63

V.6. Ecuaciones de predicción	66
V.6.1. Ecuaciones sencillas para aplicación rápida	67
V.6.1.1 <i>Ecuación 1 para animales jóvenes de San Carlos.</i>	67
V.6.1.2 <i>Ecuación 2 para todas las hembras.</i>	67
V.6.1.3 <i>Ecuación 3 para las hembras jóvenes de San Carlos.</i>	68
V.6.1.4 <i>Ecuación 4 para las hembras jóvenes de San Carlos.</i>	68
V.6.2. Ecuaciones precisas utilizando el laboratorio	69
V.6.2.1 <i>Ecuación 5 para todos los animales.</i>	69
V.6.2.2 <i>Ecuación 6 para los animales jóvenes de San Carlos.</i>	69
V.6.2.3 <i>Ecuaciones 7 y 8 para las hembras jóvenes de San Carlos.</i>	70
V.6.2.4 <i>Ecuación 9 para las hembras jóvenes de Cañas.</i>	71
VI. CONCLUSIONES	72
VII. RECOMENDACIONES	74
VIII. LITERATURA CITADA	75

INDICE DE FIGURAS

	Pág
Figura 1. Grados de color de grasa de cobertura.	26
Figura 2. Medición de la longitud de la canal.	27
Figura 3. Corte a nivel de la 12°-13° costilla.	31
Figura 4. Cambio en la cromaticidad (dC*) del lomo según el cambio en la luminosidad (dL*) comparados con el valor del patrón (RCB) por grupos de edad (0 a 8 dientes) y sexo (M y H)	62
Figura 5. Comportamiento del pH del lomo en machos y hembras con cero y dos dientes permanentes a diferentes intervalos <i>post mortem</i> .	64
Figura 6. Comportamiento del pH del lomo en hembras por edad a diferentes intervalos <i>post mortem</i> .	65
Figura 7. Comportamiento del pH del lomo en hembras con cero y dos dientes permanentes por procedencia a diferentes intervalos <i>post mortem</i> .	65

INDICE DE CUADROS

	Pág
Cuadro 1. Distribución de las unidades experimentales de acuerdo con sus categorías,	25
Cuadro 2. Condiciones particulares de cada lote de animales muestreado.	29
Cuadro 3. Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.	37
Cuadro 4. Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento del deshuese de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.	39
Cuadro 5. Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.	40
Cuadro 6. Valores promedio (\pm DE) de la merma de peso por pérdida de humedad de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.	42
Cuadro 7. Valores promedio (\pm DE) de las características nutricionales de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.	43
Cuadro 8. Correlación entre el pH medido a distintos intervalos de tiempo en bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y la fuerza de corte de algunos músculos.	44
Cuadro 9. Correlación entre características cuantificables en la canal de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y algunos indicadores de calidad.	46

Cuadro 10.	Correlación entre el color del lomo de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y la merma de peso de la carne por descongelación.	47
Cuadro 11.	Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal de todas las hembras, por edad.	49
Cuadro 12.	Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento al deshuese de todas las hembras, por edad.	50
Cuadro 13.	Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne de todas las hembras, por edad.	51
Cuadro 14.	Valores promedio (\pm DE) de la merma de peso por pérdida de humedad de la carne de todas las hembras, por edad.	53
Cuadro 15.	Valores promedio (\pm DE) de las características nutricionales de la carne de todas las hembras, por edad.	54
Cuadro 16.	Correlación entre el pH medido a distintos intervalos de tiempo en hembras de todas las edades y la fuerza de corte de algunos músculos.	55
Cuadro 17.	Correlación entre características cuantificables en la canal de hembras de todas las edades y algunos indicadores de calidad.	56
Cuadro 18.	Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.	57
Cuadro 19.	Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento del deshuese del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.	58
Cuadro 20.	Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.	59
Cuadro 21.	Valores promedio (\pm DE) de merma de peso por pérdida de humedad de la carne del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.	61

INDICE DE ANEXOS

Los anexos se encuentran en el disco compacto que se adjunta al documento.

- Anexo 1.** Análisis de variancia para determinar el efecto del sexo, la edad y la procedencia sobre los rasgos cuantificados.
- Anexo 2.** Análisis estadístico de correlación entre las variables.
- Anexo 3.** Ecuaciones de predicción posibles obtenidas mediante el procedimiento RMAX de SAS (1993).
- Anexo 4.** Guía de cocción de muestras de carne para análisis Warner-Bratzler. Fotografía del aparato utilizado en la medición de la fuerza de corte (Instron, 1000).
- Anexo 5.** Información adicional para el análisis del color de la carne mediante la técnica HunterLab.
- Anexo 6.** Tabla resumen del estudio para determinar la edad de los bovinos a partir del número de dientes permanentes.
- Anexo 7.** Censo bovino nacional 2000-2001

RESUMEN

Para evaluar las características de rendimiento de la canal y la calidad sensorial de la carne de ganado cebuino del norte de Costa Rica bajo pastoreo se emplearon 61 animales clasificados por grupos de edad (0 a 2 dientes permanentes, J; 4 a 8 dientes permanentes, A), sexo (machos, M; hembras, H) y procedencia (San Carlos, SC; Cañas, C).

Los animales fueron sacrificados y deshuesados en las condiciones de industrialización rutinarias de las principales plantas de sacrificio del país. Se evaluó las características de la canal y el rendimiento al deshuese. Se midió el pH a 1; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 horas *post mortem* con un pHmetro portátil. Se utilizó el método HunterLab para cuantificar el color del lomo a nivel de la 12°-13° costilla a 48 horas *post mortem*. Se tomó muestras de carne de seis músculos distintos (lomo (*longissimus*), lomito (*psoas major*), vuelta de lomo (*gluteus medius*), posta de cuarto (*semimembranosus*), solomo (*biceps femoris*), posta de paleta (*triceps branchii*) y se evaluó la fuerza de corte por el método Warner-Bratzler y el contenido de humedad, grasa y proteína por métodos químicos para cada uno de los seis músculos.

Una vez analizados los datos se obtuvo que los machos poseen mayor peso vivo ($P<0,0001$), peso de la canal ($P<0,0001$), rendimiento porcentual de la canal ($P<0,0001$), cobertura muscular ($P<0,0001$), longitud de la canal ($P<0,05$), circunferencia de la pierna ($P<0,05$), profundidad del costillar ($P<0,0001$), circunferencia del antebrazo ($P<0,0001$) y peso del cuero ($P<0,0001$), y menor grado de cobertura de grasa ($P<0,0001$) que las hembras coetáneas.

Las hembras jóvenes tienen mayor proporción de cortes finos ($P<0,05$), menor de cortes de segunda ($P<0,05$) y mayor proporción de sebo ($P<0,05$) que los machos. Los valores de fuerza de corte en kg/cm^2 para el lomo, lomito y solomo son menores ($P<0,05$) en hembras (2,89; 5,59; 3,66; respectivamente) que en machos (3,70; 2,14; 4,86). Los animales jóvenes con poca grasa de cobertura poseen carne más dura ($P<0,05$) que los que poseen mayor cobertura.

La merma de peso por descongelación y por cocción es un 4% menor ($P<0,05$) en carne de hembras que de machos. Las hembras jóvenes poseen menor peso vivo ($P<0,05$), mayor rendimiento porcentual de la canal ($P<0,05$), menor ($P<0,05$) grado de cobertura de grasa y profundidad del costillar, mayor ($P<0,05$) área del ojo del lomo, rendimiento de carne, proporción de cortes finos y cortes industriales comparado con hembras de 4 a 8 dientes permanentes. El efecto de la edad sobre la suavidad de la mayoría de los cortes, excepto el lomito ($P<0,0001$), no es significativo.

El sexo, la edad y la procedencia no ejercen un efecto significativo sobre la composición de grasa intramuscular y proteína de la carne. En comparación con los estándares de color estadounidenses, el ganado cebuino bajo pastoreo que se sacrifica en el país produce carnes oscuras.

El efecto de procedencia no produce efecto significativo sobre las características de calidad sensorial de la carne, aunque sí se refleja sobre el peso vivo ($P<0,05$), el rendimiento de la canal fría con respecto al peso vivo ($P<0,05$), la profundidad del costillar ($P<0,05$), el rendimiento de la carne de la canal ($P<0,05$) y la merma de peso por descongelación ($P<0,05$), la cual representa un 4% más para la carne proveniente de Cañas que la de San Carlos.

Existe correlación positiva entre las mediciones de pH próximas al sacrificio y la suavidad de la carne, sin embargo, la medición que se correlaciona con la suavidad de menor cantidad de cortes es el pH a 3 horas *post mortem*, tanto para la comparación por sexo como por edad.

Palabras clave: Edad, Sexo, Rendimiento, Suavidad

I. INTRODUCCION

Dentro del marco de globalización en que vive el mundo actualmente, donde reinan las políticas de apertura de mercados, surge la necesidad de implementar mecanismos que estimulen la competitividad de las empresas en todos los ámbitos. Las exigencias en calidad y seguridad alimentaria aumentan constantemente a raíz de la demanda de los consumidores y definen el acceso a los mercados y los precios diferenciales.

El hato nacional esta conformado por 1 358 209 cabezas de ganado, de las cuales el 65% se considera especializado para la producción de carne y ocupa aproximadamente el 72% del área que se dedica a la ganadería en nuestro país. Si bien los números se han deprimido en los últimos años (2 276 000 cabezas en 1982 y 2 190 000 cabezas en 1988) (Censo Bovino Nacional 2000-2001), reflejan la necesidad de implantar medidas que estimulen al sector productor e industrializador de la carne.

En el campo de la producción pecuaria resulta una necesidad imperiosa el mejorar los parámetros productivos, en términos de eficiencia productiva y de estándares de calidad, para poder competir en el mercado internacional. Sin embargo, cuando se analiza el sector de la carne de res, es evidente que en nuestro país no se ha manejado, a nivel operativo, ningún parámetro para evaluar la calidad sensorial de la carne y mucho menos para clasificarla para efectos de diferenciación de precios.

Son pocos los estudios que se han realizado en el país para evaluar los métodos objetivos de calificación de la carne de res por calidad, y aún más escasos, los esfuerzos que se han invertido en el pasado por poner en práctica un sistema de pago de la carne por calidad y no sólo por peso y/o rendimientos de canal.

La diferenciación de los productos cárnicos requiere de muchos esfuerzos e impone desafíos en nuevos temas. A partir de esa realidad surge la necesidad de implementar una base científica para la calificación de canales, que permita relacionar alguna medición práctica a nivel industrial con las características de calidad de la carne.

La Corporación de Fomento Ganadero (CORFOGA) es una institución de derecho público no estatal creada por la Ley 7837 en octubre de 1998, con la finalidad de fomentar la existencia, el desarrollo y la sostenibilidad de la ganadería bovina. Para llevar a cabo su objetivo ha creado alianzas estratégicas con otras instituciones, como la Escuela de Zootecnia de la Universidad de Costa Rica y es así como emprende proyectos de investigación como este. El esfuerzo, en conjunto con otros llevados a cabo, propone obtener suficiente información para establecer una tabla de pago de la carne, basándose en la clasificación por calidad.

Para evaluar la carne que se produce a nivel nacional se debe tomar en cuenta el hecho de que diferentes sistemas de producción generan productos diferentes (Pigurina, 2001). De esta manera, es necesario identificar los sistemas de producción más comunes en nuestro medio y a partir de ellos estructurar el sistema de clasificación de canales que se adapte y los describa.

Este estudio pretende describir el tipo de animal que se está produciendo en la zona de San Carlos y Cañas bajo sistemas de pastoreo y con ello determinar las relaciones o parámetros que permitan detectar la calidad de la carne por métodos objetivos observables, como la edad y el sexo en primera instancia. Por otro lado, se presenta el efecto de procedencia en las características de novillas jóvenes, con el fin de entender las posibles variaciones que se pueden observar entre los animales de las distintas zonas del país.

II. OBJETIVOS

II.1. Objetivos Generales

- Evaluar el efecto de la edad, el sexo y la procedencia sobre las variables que determinan el rendimiento de la canal de animales cebuinos en pastoreo.
- Evaluar el efecto de la edad, el sexo y la procedencia sobre las variables que determinan la calidad sensorial de la carne de animales cebuinos en pastoreo.
- Identificar en canal las características cuantificables que permitan predecir la calidad de la carne.

II.2. Objetivos Específicos

1. Determinar el efecto de la edad y el sexo de los animales sobre las variables: pH del lomo a distintos intervalos post sacrificio, rendimiento del peso de la canal caliente, rendimiento del peso de la canal fría, dimensiones de la canal, rendimiento de deshuese, área del ojo del lomo, grado de muscularidad, color y cobertura de grasa de la canal, color del lomo, contenido de grasa y proteína y suavidad en seis músculos distintos: *longissimus* (lomo), *psoas major* (lomito), *gluteus medius* (vuelta de lomo), *semimembranosus* (posta de cuarto), *biceps femoris* (solomo) y *triceps branchii* (posta de paleta).

2. Evaluar el efecto del lugar de procedencia en hembras jóvenes sobre las variables: pH a distintos intervalos post sacrificio, rendimiento del peso de la canal caliente, rendimiento del peso de la canal fría, dimensiones de la canal, rendimiento de deshuese, área del ojo del lomo, grado de muscularidad, color y cobertura de grasa de la canal, color del lomo y suavidad en seis músculos distintos.
3. Medir la correlación entre el pH a distintos intervalos post sacrificio y la suavidad de los cortes.
4. Evaluar el grado de correlación que existe entre las variables analizadas.
5. Explicar el comportamiento de la curva de pH del lomo a través del tiempo.
6. Obtener una ecuación de regresión que permita predecir la suavidad de la carne en función de características de la canal que sean cuantificables a nivel industrial.

III. MARCO TEORICO

La valoración de los rendimientos del ganado en la granja está divorciada del valor de la canal en la planta y aún más con respecto a la calidad de la carne para el consumidor.

El ganadero mide su producto principalmente en términos del peso vivo, de los días a mercado y de la fertilidad natural. Para el caso del industrial, su éxito depende del porcentaje de carne magra, del porcentaje de rendimiento del animal en la planta de sacrificio, de la conformación del animal, etc. Por otro lado, el carnicero ve su interés en una carne con buen sabor, color, textura y magrura (Cannell, 1970). Para poder empatar todas esas características y lograr un índice de valoración lo más justo posible para las tres partes, se deberá conocer más a fondo la relación que existe entre todos los rasgos de interés. Aún más, es preciso detallar un sistema de medición objetivo que sea representativo de la calidad y que se adecúe a las posibilidades locales (Acuña, 1995).

Sistemas de clasificación de bovinos se han implementado en otros países con el propósito específico de describir la cantidad y la calidad de la carne de una canal. La habilidad para describir los aspectos más importantes, asegura que en el proceso de mercado los productores reciban precios apropiados para lo que producen, a los consumidores se les provea con carne de la calidad deseada, y que esta calidad de los productos cárnicos pueda ser identificada y por lo tanto promovida y comercializada. Por lo tanto, varios autores coinciden en que uno de los fines de clasificar la carne consiste en ofrecer calidad para darle al consumidor confianza en los controles permanentes y de esta manera aumentar el consumo per cápita (Cannell *et al.*, 1999; Debreceni *et al.*, 2000; Koohmaraie *et al.*, 1994; Montgomery *et al.*, 1999; Tatum *et al.*, 1999).

III.1. Atributos de la clasificación de canales

Acuña (1995) indica que, según el seminario que se llevó a cabo en setiembre de 1995 en la Escuela de Agricultura del Trópico Húmedo, los requisitos de un sistema de valoración de la calidad de canales bovinas son los siguientes: a) Un sistema de valoración entendido y aceptado por todos los involucrados en el proceso de producción, procesamiento y mercadeo de la carne y sus subproductos; b) Una descripción de las características importantes para la valoración de cantidad y calidad del producto; c) Los criterios asignados deben ser medibles; y d) Administrado por alguna entidad responsable.

Los principios bajo los cuales se debe regir un sistema de clasificación efectivo cumplen las siguientes condiciones: a) que sean de aplicación práctica a nivel industrial, b) simple y de fácil interpretación, c) basado en investigación e información, d) funcional frente a otros sistemas, e) que permanezca en el tiempo (Castro, 2001).

Los recursos que se invierten para poder implantar un sistema de clasificación se justifican cuando se evalúan las ventajas multisectoriales que este genera: a) Al productor: lo orienta a producir en función de las calidades exigidas por los mercados, b) A la industria: agiliza la comercialización y con ello se reduce el tiempo de utilización de las cámaras de refrigeración, c) Al exportador: le garantiza mejores precios al proteger los mercados con mayor seguridad en el control de calidad, le permite nuevas posibilidades de comercialización e incluso la colocación por catálogos, d) Al país comprador: aumenta la confianza en que los estándares del exportador son invariables, y e) Al consumidor: quien recibe la calidad de su preferencia y paga por ella el precio adecuado (Castro, 2001).

Para confirmar estas aseveraciones, Cozens (1974); citado por Huerta (2001b); sintetiza las consecuencias de haber adoptado la tipificación, según el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos: a) Cambios en la

estructura industrial de mercadeo de la carne, lo que ha conducido a una mayor competencia entre los mataderos empacadores, b) Estímulo a la innovación tecnológica, lo que ha redundado en menores costos, c) Se ha elevado la demanda por carne de mejor calidad, d) Se ha incrementado la eficiencia de descubrir precios, asistiendo a los consumidores en la expresión de sus preferencias y facilitando el intercambio comercial entre compradores.

La realidad de Canadá con respecto a este tema arroja datos similares. Seis años después de haber establecido la clasificación de canales, Donkersgoed *et al* (2001) realizaron una auditoría para medir el impacto de la implantación de dicho sistema. Los cambios que observaron consisten en que las magulladuras que se revisan en las canales se disminuyó de un 78% en 1995 a un 54% en 2001, mientras que el peso de la canal caliente, el área del ojo del lomo, el grado de marmoleo y el grado de terminación aumentaron con respecto a los registrados para 1995.

La clasificación de canales puede ser separada en tres áreas distintas: clase, rendimiento de la canal y calidad de la canal. La clase de la canal es usada para describirla en términos de sexo y edad al sacrificio. El rendimiento de la canal incluye medidas u observaciones de la grasa y muscularidad para indicar un rendimiento final de cortes al menudeo (Bodo *et al.*, 2000). Los aspectos de la calidad de la canal son determinados a través de medidas u observaciones del marmoleo, madurez, color de la carne y de la grasa para describir la calidad de la canal (Montgomery *et al.*, 1999).

III.2. Diferencia entre sistemas de clasificación de varios países

Existen diferencias entre las clasificaciones por clase que se realizan en la mayoría de los países (EUA, Australia, Canadá, Japón, Sudáfrica, Argentina, Europa, Nueva Zelandia, Chile, Uruguay y Venezuela) que básicamente consisten en agrupar los animales por madurez y condición aparente de sexo (Montgomery *et al.*, 1999). Además, algunos de estos países cuentan con pautas para clasificar reses bovinas por calidad y no sólo por rendimiento (Huerta, 2001b).

La categorización de canales en Estados Unidos es una de las más sofisticadas del mundo e intenta reflejar lo que desea el mercado estadounidense. Consiste en una doble categorización, por la cual, todas las canales del mismo valor relativo se segmentan en uno de los cinco grados de rendimiento y/o en una de las ocho categorías de calidad (Smith *et al.*, 1988; citados por Huerta, 2001b). El grado de rendimiento se establece a través de cuatro características: grosor de la grasa entre la 12° y 13° costilla, porcentaje de grasa del riñón pélvica y del corazón, área del ojo de la costilla y peso de la canal caliente; mientras que el grado de calidad está determinado por el grado de marmoleo y el grado de madurez (Montgomery *et al.*, 1999).

Australia no emplea un sistema de puntaje para el grado de rendimiento sino que en su lugar miden ciertas características para clasificar la canal, tales son profundidad de grasa subcutánea, peso de la canal caliente y la muscularidad, la cual puede ser determinada en términos de la forma de la nalga. La calidad es evaluada y valorada de acuerdo con los estándares de evaluación en cuarto frío del AUS-MEAT, que se ha establecido para permitir que se le dé a las canales un estatus de calidad de la carne para su comercialización según el marmoleo, el color de la carne, el color de la grasa, el grado de grasa a nivel de las costillas y el área del músculo del ojo de la costilla (Montgomery *et al.*, 1999).

El sistema canadiense es similar al sistema de Estados Unidos pues también ha desarrollado ecuaciones de regresión para predecir el rendimiento.

Únicamente utiliza dos medidas: el grado de grasa que se evalúa en milímetros con una escala de 1 a 9 y el puntaje del músculo según el área del ojo del lomo en una escala de 1 a 4. Los grados de calidad están determinados por la madurez, musculado, ojo del lomo, marmoleo, color de la grasa y textura y medida de la grasa (Montgomery *et al.*, 1999).

Los japoneses también han desarrollado una ecuación de regresión para predecir el rendimiento para estimar el porcentaje de tejido magro, la cual requiere cuatro variables: área del ojo del lomo entre la 6° y 7° costilla, grosor de la costilla, peso frío de la media canal izquierda y grosor de la capa subcutánea (Montgomery *et al.*, 1999).

III.3. Tipos de calidad

Según Huerta (2001a) las tendencias actuales obligan a admitir tres tipos o conceptos de calidad: a) la calidad organoléptica o sensorial, b) la calidad nutricional y c) la calidad higiénico sanitaria o seguridad del alimento.

La experiencia del mercado en otros países demuestra que la calidad percibida por la mayoría de los clientes finales, se refiere en mucho, al carácter sensorial de la carne bovina, es decir, los atributos que son captados por los órganos de los sentidos. Siendo así, diferentes atributos organolépticos percibidos como un todo, gobiernan la aceptabilidad del producto por parte del consumidor y su disposición a pagar un buen precio para repetir la experiencia.

Entre los atributos que más influyen en la satisfacción del comensal destacan el carácter tierno (terneza), la jugosidad y el sabor de la carne cocida. De estos factores, la terneza juega el papel más decisivo (Shackelford *et al.*, 1995). Los estudios de otras sensaciones con la evaluación por catadores, especialmente la jugosidad y la cantidad de tejido conectivo, demuestran que están estrechamente vinculados a la terneza (Huerta, 2001).

La jugosidad está determinada por dos componentes organolépticos. El primero es la liberación rápida del jugo de la carne durante la primera parte de la masticación. El segundo depende del efecto sostenido que produce la grasa sobre la estimulación de la liberación de saliva. La función de este último componente explica el porqué, a pesar de que las reses jóvenes tienen mayor cantidad de fluidos que liberan rápidamente en el primer momento, al final provocan la sensación de carne seca pues su contenido de grasa es pobre (Lawrie, 1991).

Muchas de las reacciones psicológicas y fisiológicas que despierta en los humanos el consumo de la carne derivan de su sabor y aroma. El sabor involucra la percepción de cuatro sensaciones básicas (salado, dulce, ácido y amargo) por las papilas gustativas de la lengua. El aroma se detecta por numerosos materiales volátiles que estimulan los terminales nerviosos en los pasajes nasales. La sensación total es la combinación de los estímulos gustativos y olfatorios. Los componentes de la carne responsables por el sabor y aroma no han sido totalmente identificados. Muchos constituyentes de los tejidos musculares, conectivos o adiposos se tornan componentes volátiles durante la cocción. Los músculos que se utilizan más en la vida del animal tienen un sabor más pronunciado porque tienen más derivados de compuestos fosfóricos que almacenan energía. El sabor y aroma que hace diferenciar una especie de otra, procede de materiales que se desprenden de la grasa al cocinar la carne (Judge *et al.*, 1989; citados por Huerta, 2001).

La terneza de la carne se relaciona directamente con cuatro principales factores: a) la degradación de la fibra muscular, b) la cantidad de tejido conectivo, c) la cantidad de grasa intramuscular o marmoleo, y d) el estado contráctil del músculo.

III.4. Control de factores *ante mortem*

III.4.1. Sexo

El sexo o la condición sexual que describe el balance hormonal del animal, toma mucha importancia desde el punto de vista de la suavidad de la carne. Por lo general, los machos contienen menor cantidad de grasa intramuscular que las hembras, así como también los animales castrados con respecto a los enteros de su mismo sexo (Lawrie, 1991).

Los toros enteros crecen más rápido, utilizan los alimentos con mayor eficiencia, y presentan un mayor rendimiento de la canal por tener menos grasa y más carne. Sin embargo, también se sabe que la suavidad de estos animales es menor con respecto a los novillos castrados, y esto es atribuido a la concentración de tejido conectivo de los machos enteros. Comparando la calidad de la carne del macho con la de la hembra, dejando de lado el efecto de la castración, se verifica que los toros producen canales más magras y con mayor actividad de calpastatina en sus músculos. Esta enzima es la responsable de la degradación de las proteínas musculares, y por lo tanto de la suavidad de la carne (Rübensam, SF).

III.4.2. Edad

Los distintos componentes musculares alcanzan su valor de composición adulto a edades diferentes. Por ejemplo, la fracción nitrogenada que representa las proteínas sarcoplasmáticas y miofibrilares del lomo (*longissimus*), llega a ser un 70-80% de su valor adulto apenas al nacimiento y el incremento subsecuente se vuelve asintótico a los 5 meses de edad. Sin embargo, la concentración de mioglobina aumenta rápidamente hasta los 36 meses y luego continúa en ascenso gradual. En general, la grasa intramuscular se comienza a depositar a partir de los 40 meses de edad, momento que coincide con la reducción del contenido de humedad y jugosidad muscular (Lawrie, 1991), aunque esto último depende de factores como el sexo, alimentación y genética.

El contenido muscular de tejido conectivo es mayor en animales jóvenes, por lo tanto la concentración de colágeno y elastina disminuye conforme aumenta la edad del animal. En músculos en crecimiento activo, existe una mayor concentración de colágeno soluble en sales (precursor del colágeno insoluble), esto quiere decir que el grado de enlace cruzado entre las cadenas de polipéptidos va en aumento conforme envejece el animal (Lawrie, 1991).

La titina es la proteína más grande de los filamentos-T que consiste en una formación delgada, continua y transversa, cerca del límite entre las zonas A-I. Participa con dos funciones principales: proveer un patrón para los filamentos gruesos de miosina y un elemento conectivo elástico entre los filamentos gruesos y las líneas Z del sarcómero. La tasa de conversión de titina intacta a titina degradada *post mortem*, depende de la edad de los animales y a su vez también está relacionada con la ternura de la carne. Se ha encontrado tasas de degradación menores en los animales adultos, al igual que en las muestras de carne con menores valores de suavidad (Huff-Lonergan *et al.*, 1995).

Por todas estas razones, la madurez al sacrificio generalmente se relaciona con carnes tiernas (Shackelford, 1995; Huerta, 2001a). Aunque normalmente se desconoce la edad cronológica del ganado que es llevado a sacrificio, podemos conocer el grado de madurez de la canal por medio de apreciaciones como la edad dentaria, la madurez ósea o la madurez muscular (Huerta, 2001a; Huerta, 2001b).

La relación entre edad cronológica y edad fisiológica varía entre razas y entre individuos de una misma raza (Cross *et al.*, 1973; citados por Huerta, 2001a). Se ha probado que el sistema de determinación de la madurez fisiológica de acuerdo con el número de dientes permanentes es más preciso y efectivo que el método de evaluación del grado de osificación y magredad propuesto por la USDA (Lawrence *et al.*, 1997). Es por este motivo que para efectos de este estudio se determina la edad cronológica del animal de acuerdo con el número de dientes permanentes que posea.

En un estudio donde se recopiló información de varios investigadores (Lawrence *et al.*, 1997), se determinó que la edad en que el primer par de dientes permanentes rompe la encía de un bovino es a los 23,8 meses, el segundo par a los 30,4 meses, el tercer par a los 38 meses y el último par a los 45,3 meses en promedio (Anexo 7).

III.4.3. Grupo racial

Varios autores definen la carne proveniente de animales *Bos indicus* como menos tierna que la carne proveniente del ganado *Bos taurus* y esto tiene que ver con el proceso de proteólisis del músculo, proceso enzimático relacionado con la actividad de la calpastatina, aspectos que poseen una heredabilidad moderada a alta (Huerta, 2001), con el porcentaje de grasa intramuscular y con el tamaño del músculo y no con el número de fibras (Carvajal, 2000).

Page (2001) encontró que los valores finales de pH en el músculo son mayores y menores los de color, para razas lecheras con alta influencia europea. Sin embargo, Whipple *et al.* (1990) no obtuvieron diferencias significativas entre la caída de pH y temperatura debido al cruce de animales *Bos taurus* (Hereford, Angus) con *Bos indicus* (Sahiwal), aunque sí reportan que para los animales Hereford x Angus la fuerza de corte es menor y los puntajes de suavidad medida por panel sensorial son mayores que los de animales con 3/8 o 5/8 de sangre *B.indicus*.

En un estudio realizado por Wheeler *et al.* (1996) se encontró que los novillos Nelore, junto con Charolais y Piedmontese, poseen un grado de marmoleo significativamente inferior que el de Angus, Pinzgauer y Shorthorn. Asimismo, el *Longissimus thoracis* de los novillos Nelore resultó más duro que el de las razas europeas evaluadas. En Costa Rica, Carvajal (2000) no obtuvo diferencias significativas entre el porcentaje de grasa intramuscular de animales Brahman comparados con la F1 de animales Brahman x Charolais, aunque sí encontró diferencias en la composición de ácido esteárico y oléico.

III.4.4. Alimentación

En sistemas productivos donde se compensan los efectos perjudiciales de la madurez fisiológica propiciando un rápido crecimiento compensatorio a base de granos y materiales altos en energía, se logra un incremento del colágeno soluble por el aumento en la síntesis proteica (Lawrie, 1991). Esta condición favorece las propiedades organolépticas de la carne, pues la molécula inmadura de colágeno es más fácil de gelatinizar con el calor de la cocción y la carne se hace más fácil de masticar. En general, se le confiere mejores características organolépticas a la carne de animales cebados con granos, como es el caso de Estados Unidos, aunque no se ha estudiado si el consumidor costarricense acostumbrado a carnes producidas a base de pasto detecta esta diferencia.

Moloney *et al.* (2000) reportaron que canales de animales alimentados bajo pastoreo eran más pesadas, con color de músculo más oscuro y menor cobertura de grasa que aquellas de animales que consumieron ensilaje o granos. De la misma forma, Muir *et al.* (2001) demostraron que las canales que llegaron al sacrificio a más temprana edad como resultado de una dieta ofrecida a libre voluntad a base de concentrados, presentaron pH más bajo y mayor suavidad. Sin embargo, Sapp *et al.* (2000) difieren de estos autores pues no obtuvieron diferencias significativas en suavidad y concentración de tejido conectivo por el efecto de la dieta.

Al consumir pasto, el aporte energético limita la deposición de grasa de cobertura, el efecto que se produce por esta razón es un acortamiento de la fibra muscular por frío cuando se encuentra en las cámaras de refrigeración posterior al sacrificio. Si el *rigor mortis* ocurre mientras las fibras se encuentran contraídas, el resultado será carne más dura.

III.4.5. Estrés

Algunos estudios indican que la calidad puede estar relacionada con el temperamento nervioso del animal. Los animales acebuados nerviosos no sólo muestran tener un ritmo de crecimiento menor sino que también tienden a producir carnes más duras y oscuras (Voisinet *et al.*, 1997). Estos estudios sugieren que seleccionando por temperamento, el ganado cebú se puede mejorar en palatabilidad. El control del estrés *ante mortem* con buen trato al animal e instalaciones adecuadas en finca y mataderos, cobra cada vez mayor importancia en la industria de la carne (Huerta, 2001a).

Es bien sabido que el estado de excitación que alcance el animal justo antes de ser sacrificado, determina el tiempo que consume las reservas de glucógeno e incluso en que momento se inicia la producción de ácido láctico, el cual altera el pH de la carne y por ende la suavidad de la misma.

III.5. Control de factores *post mortem*

El proceso de contracción muscular en el músculo viviente es en esencia un acortamiento del sarcómero provocado por el movimiento relativo que se da entre los dos tipos de filamentos. Como reacción a un estímulo externo, el retículo sarcoplasmático inicia la contracción al liberar iones de calcio. La proteína troponina cambia de conformación como reacción al calcio, lo cual provoca el desplazamiento de la tropomiosina asociada a esta. Este movimiento a su vez provoca que los extremos de actina avancen uno hacia el otro, inclusive hasta el punto de traslaparse. Se da así una ruptura de las uniones en estado no contraído entre la actina y la miosina y la formación de nuevas uniones correspondientes al estado contraído que encogen el sarcómero. Los filamentos gruesos se deslizan en medio de los delgados, de manera que la banda A mantiene un tamaño constante a medida que las bandas I se acercan una a la otra. Al desaparecer el estímulo, el retículo sarcoplasmático retira el calcio

liberado y el proceso se revierte. La energía requerida para este proceso proviene de la hidrólisis de ATP. La carne con sarcómeros contraídos tiende a ser más dura a medida que la contracción es más acentuada (Cole *et al.*, 1975 y Swatland, 1999; citados por Chacón, 2000).

Una vez sacrificado y desangrado un animal, finaliza el flujo de oxígeno al músculo, siendo la poca cantidad remanente en estos tejidos rápidamente consumido. Bajo estas condiciones anaerobias el Ciclo de Krebs se encuentra detenido. La necesidad de energía lleva a las células a consumir el ATP existente con rapidez y a reponer el mismo usando ahora la vía glicolítica anaerobia. En este proceso, por cada molécula de glucosa se generan dos moléculas de ATP y dos moléculas de piruvato. Posteriormente, la enzima denominada lactato deshidrogenasa cataliza una reacción que integra un hidrógeno a la molécula de piruvato generando ácido láctico. La generación de ATP por esta vía continúa hasta el agotamiento de glucógeno. A medida que se alcanza este punto, se va presentando un descenso en el pH muscular a consecuencia de la acumulación de ácido láctico (Swatland, 1999; citado por Chacón, 2000).

La contracción y relajación muscular requieren del ATP como fuente energética. Antes de que una molécula de miosina pueda liberarse de la actina durante la contracción del sarcómero, es requerido ATP. Al agotarse el ATP, la miosina se mantiene adherida a la actina aún si el músculo está tratando de relajarse. Como consecuencia, al agotarse el ATP producido por la glicólisis anaerobia el músculo se endurece notablemente, estado que se denomina *rigor mortis* y que se alcanza entre las 10 y 24 horas posteriores a la muerte (Swatland, 1999; citado por Chacón, 2000).

En la actualidad se conocen al menos ocho técnicas que pueden utilizarse para mejorar la terneza: a) el oreo de las canales a altas temperaturas durante una a tres horas previo a la refrigeración, b) el colgado de la canal por la pelvis para mantener estirados los músculos del lomo y pierna antes de entrar en *rigor mortis*, c) estimulación eléctrica de canales en prerigor, d) la inyección de calcio a canales o cortes, e) ablandamiento mecánico pasando cortes o canales por

agujas o lancetas, f) inmersión de canales en marinados (soluciones salinas o ácidas), g) el uso de enzimas proteolíticas de origen vegetal, como la papaína, bromelina o ficina, y h) la maduración de carnes en condiciones húmedas o en seco (Huerta, 2001a).

III.6. Variables de medición

Los factores que determinan el mérito de la canal son variables que pueden determinarse con cierta exactitud, bien en términos absolutos (como el peso, la fuerza de corte Warner-Bratzler, entre otros) o en términos relativos (puntuaciones de carácter subjetivo) como los utilizados por un jurado de degustadores. Otros conceptos de calidad no sensorial de la carne no son objeto de la clasificación, como por ejemplo la calidad nutricional, que se basa en indicadores químicos, o la calidad higiénico-sanitaria señalada por la inspección veterinaria, que la declara apta para el consumo antes de la clasificación (Huerta, 2001b).

Para Swatland (1991); citado por Huerta (2001b); las tres variables principales que determinan el valor comercial de una canal con relación a las condiciones del mercado son: a) peso de la canal, b) rendimiento en carne vendible, y c) calidad de la carne. En la práctica del comercio de la carne latinoamericano, el peso en canal es una de las pocas señales claras de mercado con las que cuenta el ganadero.

El grado de madurez se determina en algunos casos (EUA y Argentina) por el grado de osificación, mientras que la mayoría utiliza la dentición para estimar el rango de edad del animal. Se ha probado que el sistema de determinación de madurez fisiológica de acuerdo con el número de dientes permanentes es más preciso y efectivo que el método de evaluación del grado de osificación y magredad propuesto por el USDA (Lawrence *et al.*, 1997). La madurez estima la edad fisiológica que es lo que interesa, pues está asociada con la terneza y otros

factores de palatabilidad de la carne. La precocidad para alcanzar condiciones óptimas de sacrificio se refleja en eficiencia biológica y económica.

La determinación de la clase sexual es realizada, bien por observación antes del sacrificio, o mediante la observación de varias características de la canal, incluyendo el botón de inserción del pene y su tamaño, el desarrollo de la joroba, grosor y peso de las piernas, grasa escrotal y color en los machos. Las clases de las hembras pueden ser distinguidas entre ellas y los machos por diferencias en la grasa de la ubre y en el tamaño de la cavidad pélvica (Montgomery *et al.*, 1999).

Algunos investigadores han encontrado correlaciones altas y significativas entre mediciones de rendimiento, tales como peso y longitud de la canal y peso de las piezas de mayor importancia económica (Barton, 1967; citado por Acuña, 1995; Brinks *et al.*, 1964; Hodgson *et al.*, 1992; Kirton, 1963; Ozawa *et al.*, 1992, citados por Acuña, 1995). Sin embargo, se podría presentar el caso en que los toros rindan menos que los novillos por presentar cueros más pesados y menos grasa, o que rindan más, por resultar más pesados al sacrificio. No necesariamente por ser más pesado o rendir más kilos va a obtenerse carne de mejor calidad.

Esta característica de rendimiento de carne, si bien no es útil para predecir la calidad de la carne, sí debe ser una característica que interese a los productores como índices productivos y para el mejoramiento de su hato, pues se le conocen coeficientes de heredabilidad altos en variables como el peso de los huesos (0,49), el porcentaje de cortes de primera calidad (0,64), el porcentaje de grasa o sebo (0,58) o el área del ojo del lomo (0,59) (Szabo *et al.*, 2000).

En los últimos tiempos se han desarrollado algunos aparatos que permiten predecir ciertas características internas del animal vivo. Ejemplo de esto son los ROC (Receiver operating characteristic), los cuales detectan el grado de marmoleo por medio de ultrasonido con un 74% de precisión (Brethour, 2000) o las máquinas Aloka 500V (AL-500) y Classic Scanner 200 (CS-200) (Hassen *et*

al., 2001), las cuales calculan el porcentaje de grasa intramuscular en determinado músculo. Además, recientemente se probó el Tendertec, un instrumento que debía predecir la suavidad de la carne en la canal del animal, sin embargo, no se obtuvo un resultado satisfactorio pues únicamente percibe el ordenamiento de la calidad de canales muy maduras y no en canales de poca maduración (Belk *et al.*, 2001).

En EUA, Canadá y Japón se utilizan ecuaciones de regresión que incorporan medidas como grosor de grasa dorsal, grasa de la región pélvica y del corazón, peso de la canal y área del ojo de la costilla. En Australia, Europa y Sudáfrica se usan medidas separadas o puntajes de grasa y muscularidad. En Europa, Argentina y Nueva Zelanda únicamente se usan las mediciones de conformación y cobertura de la grasa (Montgomery *et al.*, 1999).

En la calificación de la carne por su calidad o por su apariencia, los principales factores considerados importantes son el grado de jaspeado o marmoleo, el color de la carne, el color de la grasa, la textura y firmeza de la carne, la firmeza y textura de la grasa y la madurez. La mayoría de los sistemas de calificación, principalmente norteamericanos (EE.UU. y Canadá), se basan en el jaspeado, marmoleo o el grado de grasa intramuscular, a partir de la suposición que hace el público de la relación con la jugosidad (Montgomery *et al.*, 1999).

III.6.1. Grado de terneza / suavidad

La palatabilidad consiste en tres componentes: suavidad, jugosidad y sabor. Los coeficientes de variación para las dos últimas características son mucho menores que la variación inherente de la suavidad, además que por lo general ellas dependen principalmente de la preparación de la carne (sazonador, método de cocción y el grado de crudeza) y no de las propiedades del animal (Koochmaraie *et al.*, 1998).

Cuando se le presentó al público de un pueblo de Texas la posibilidad de comprar carne clasificada en tres categorías de acuerdo a su suavidad, aún con un sobrepeso de \$1,1/kg, el 94,6% de las personas prefirieron adquirir la carne más suave, que además fue asociada a una mayor jugosidad (Boleman *et al.*, 1997; citados por Koohmaraie *et al.*, 1998). En un estudio similar en Francia, realizado por el INRA, el 75% de las personas entrevistadas estaban dispuestas a pagar el doble por la carne más suave, y cuando el precio llegó a ser el triple que el de la carne de calidad inmediatamente inferior la gente que se dispuso a pagar el sobrepeso fue del 50%, incluso si el precio fuera cinco veces más alto para la carne más suave, el 32% seguiría comprándola (Koohmaraie *et al.*, 1998).

Según el estudio realizado por Huffman *et al.* (1996), las industrias cárnicas deben enfocar sus esfuerzos en la producción de carne con valores de fuerza de corte por el método Warner-Bratzler iguales o menores a 4,1kg, para asegurar niveles del 98% de aceptabilidad del público.

La "tenderización" o ablandamiento ocurre por degradación de unas pocas proteínas estructurales por la acción de enzimas endógenas, proceso llamado también proteólisis *post mortem*, el cual es causante de la maduración o añejamiento de la carne. Esas proteínas son las responsables de mantener la estructura integral del músculo. Actualmente se sabe que de todos los sistemas proteolíticos endógenos de los músculos esqueléticos, la única enzima que está relacionada con el proceso de tenderización es el sistema calpaína. El sistema calpaína está constituido por tres partes: una enzima poco exigente en calcio (μ -calpaína), una enzima altamente exigente en calcio (m-calpaína), y un inhibidor específico de las calpaínas (calpastatina). Estas enzimas son estrictamente dependientes de calcio para tener actividad (Koohmaraie *et al.*, 1994).

III.6.2. Relación del pH con la textura de la carne

Algunos autores han reportado que valores de pH por debajo de 6,2; tomados a 3 horas *post mortem*, están asociados con una menor variación de la suavidad de los lomos (Jones y Tatum, 1994; Smulders *et al.*, 1990; citados por Eilers *et al.*, 1996). Esta respuesta no garantiza necesariamente mayor suavidad, pero sí más estabilidad en la calidad del producto, lo cual también es favorable para la comercialización de las carnes a nivel de supermercado y restaurantes.

Eilers *et al.* (1996) observaron una leve correlación, aunque significativa, entre el pH medido en el lomo a 1,5 horas *post mortem* y la terneza del lomo y el lomo. También se evidenció una baja correlación positiva entre el pH del músculo semimembranoso a las 3 horas post sacrificio y la fuerza de corte del lomo (*longissimus*) y del lomo (*psaos major*). Sin embargo, se muestra una correlación negativa entre el pH del lomo a tres horas y la evaluación del panel sensorial para suavidad del lomo. A pesar de esto, en general queda manifestada una tendencia de las canales con menores valores de pH próximo al sacrificio a producir carne más suave en el lomo y el lomo. Las mayores correlaciones con la suavidad de la carne se ha observado con el pH de los tres cortes (lomo, lomo y semimembranoso) a las 24 horas, se manera que a mayores niveles de pH, menor suavidad del músculo.

Los resultados acerca de la relación entre el pH a tres horas y la suavidad de la carne no han sido consistentes. Algunos investigadores han reportado una relación curvilínea (Marsh *et al.*, 1987 y Pike *et al.*, 1993; citados por Eilers *et al.*, 1996) mientras que otros han detectado una relación lineal positiva (Jones y Tatum, 1994), con más suavidad en lomos que han presentado pH por debajo de 6,2 a las 3 horas *post mortem*.

En un estudio conducido para determinar el efecto de la temperatura del músculo y el pH durante las primeras horas *post mortem*, se observó que un aumento en la temperatura provoca la aceleración de la glicólisis y un descenso

en el pH, llegando a un nivel por debajo de los requerimientos para la actividad de la proteasa dependiente de calcio, esto hace que se disminuya la contribución que ejercen estas proteasas para mejorar la suavidad (Bruce y Ball, 1990).

III.6.3. Color de la carne como indicador de ternura

Los consumidores pueden tener ideas arraigadas respecto al color apetecible de la grasa y de la carne (Cannell, 1970) y en muchos casos asumen que el color más oscuro de la carne se debe a que proviene de animales más viejos o que lleva un largo periodo de maduración.

Wulf *et al.* (1997) encontraron que la correlación entre las medidas de color por método del HunterLab y las medidas de suavidad, es mayor que la que se pudiera calcular para el puntaje de marmoleo y la suavidad. Esta apreciación la confirma en un experimento en el cual se observó que el 20 a 25 % de las canales que muestrearon poseían colores más oscuros y eran menos palatables y consistentes que el resto (Wulf *et al.*, 2000).

El color de la carne está dado, principalmente, por la interacción del tres factores: el tipo de luz que recibe, la composición química de la superficie que determina la absorción y la reflectancia de los rayos de luz de distintos colores y la interpretación del color, que se deriva de la onda lumínica que recoge el nervio óptico para enviarlo al cerebro (Castillo, 2000).

El color preferido para la carne de res es rojo cereza brillante. La pigmentación de la carne está dado por la proporción de mioglobina (oximioglobina, deoximioglobina y metamioglobina) aproximadamente en más del 80%, pues el restante está dado por la hemoglobina atrapada en los capilares y vasos sanguíneos. La concentración de mioglobina en el músculo varía entre especies y masa muscular y en general se ve modificada por varios factores como: edad al sacrificio, sexo, nivel de estrés al sacrificio, salud, etc. a la vez que

está correlacionada con el contenido de fibras rojas en la carne (Faustman, 1990; citado por Castillo, 2000).

La utilización de observadores imparciales de lectura del color está siendo cada vez más común. Existen varias metodologías instrumentales que se han creado para expresar el color en términos de un dato, como el HunterLab o CIE-Lab, Colorimetría de Tristimulus, Munsell y la reflectancia a longitud de onda específica (Hunt *et al.*, 1992).

La mayoría de los investigadores utilizan el método HunterLab para documentar el efecto de un tratamiento sobre el color en base al espectro de reflectancia emitido por un haz de luz blanca.

El parámetro L^* se refiere a la cantidad de luminosidad reflejada (L 100 es igual al blanco y L 0 es igual al negro). El parámetro a^* se refiere al espectro de color rojo (a^+) y verde (a^-) en tanto que el parámetro b^* se refiere al espectro de color amarillo (b^+) y azul (b^-). Utilizando los valores de a^* y b^* se puede obtener el valor de saturación de color o Croma (c^*) y el ángulo de viraje, tono de color o Hue (h^*) (Castillo, 2000). Croma propone un valor para definir la fuerza del color, se puede expresar como débil, moderado o fuerte. Hue es la característica que distingue un color cromático de otro a partir del final del espectro, es decir, rojo, amarillo, verde, azul o púrpura (Hunt *et al.*, 1992). En el Anexo 6a se muestra el esquema como ejemplo. Ambas variables se definen matemáticamente a continuación:

$$c^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \qquad h^* = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right)$$

Con la diferencia obtenida de los valores de luminosidad (L^*) y cromaticidad (C^*) entre el color objetivo y la muestra podemos establecer si el color de la

muestra es más pálido, vívido, profundo u oscuro que el patrón deseado (Castillo, 2000). Ver el Anexo 6b.

Dependiendo del tipo de clasificación, el color de la carne juega un papel importante. En el sistema de clasificación estadounidense, el color está definido como “rojo cereza brillante” (“bright cherry red”) para la mayor puntuación (Hale *et al.*, 1999; citados por Castillo, 2000). Este patrón se define por los siguientes parámetros: $L^* = 35,70$; $a^* = 19,90$; $b^* = 7,50$ (Wulf and Wise, 1999; citados por Castillo, 2000).

IV. MATERIALES Y METODOS

IV.1. Unidades experimentales

Se reunió un grupo de 61 animales cebuinos que se desarrollaron bajo sistemas de pastoreo, provenientes de distintas fincas ganaderas de la zona de San Carlos, en la Región Norte y de Cañas, en la Región Chorotega.

Los bovinos se distribuyeron en grupos de acuerdo con su edad, sexo y lugar de procedencia, tal como se muestra en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Distribución de las unidades experimentales de acuerdo con sus categorías.

Sexo	Lugar de procedencia	Edad (número de dientes permanentes)		Total por sexo y procedencia
		0 a 2	4 a 8	
Machos enteros	San Carlos	24	0	24
Hembras	San Carlos	12	13	25
Hembras	Cañas	9	3	12
Total por edad		45	16	61

IV.2. Variables evaluadas

Para cada unidad experimental se valoraron una serie de aspectos. Ellos son:

- Peso vivo en la balanza de la planta de sacrificio
- Número de dientes permanentes
- Se evaluó el color de la grasa: se tomaron tres referencias: (1) color blanco, (2) color crema y (3) amarillo. En la Figura 1. se presenta fotografías con los tres colores de grasa.



Figura 1. Grados de color de grasa de cobertura.

- Se evaluó la cobertura de grasa corporal externa: se agrupó a los animales en tres categorías, del 1 al 3, de manera ascendente de acuerdo con el grosor de la capa de grasa dorsal.
- Evaluación de la cobertura de músculo: se consideraron cinco categorías para esta variable:
 - 1 →cuartos traseros y delanteros de conformación convexa

- 2 →cuartos traseros convexos sin ser una condición generalizada en el resto de la canal
 - 3 →nivel de cobertura muscular media con perfil recto
 - 4 →cuartos traseros muy planos con perfil cóncavo
 - 5 →escasa cobertura muscular, como es el caso del ganado lechero
- Longitud (Figura 2.) y profundidad de la canal, esta última medida a nivel de la decimotercera costilla en dirección dorso-ventral.



Figura 2. Medición de la longitud de la canal.

- Peso de la canal caliente
- Peso del cuero
- Tipo de tratamiento a que se somete el animal para promover la suavidad de la carne (estimulación eléctrica)
- Peso de la canal fría
- Area del ojo del lomo a las 24 horas post sacrificio
- Circunferencia de la pierna y del antebrazo

- Rendimiento en el deshuese
- Color del lomo a las 48 horas post sacrificio
- pH a 1; 3; 6; 12; 24; 48 y 72 horas post sacrificio.
- Fuerza de corte de seis músculos: lomo (*longissimus*), lomito (*psoas major*), vuelta de lomo (*gluteus medius*), posta de cuarto (*semimembranosus*), solomo (*biceps femoris*), posta de paleta (*triceps branchii*).

IV.3. Procedimiento general:

La primera parte de este estudio se llevó a cabo en las condiciones de industrialización rutinarias de los procesos de sacrificio y eviscerado, en las principales plantas de sacrificio nacionales.

En una segunda etapa de la investigación, se realizó análisis de laboratorio para cuantificar el pH del lomo a 48 y 72 horas *post mortem*, el color del lomo y la fuerza de corte. Estos análisis se desarrollaron en el Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA), de la Universidad de Costa Rica, en el Laboratorio de Análisis Sensorial y en el Laboratorio de Química.

IV.3.1. Procesamiento industrial de los animales.

Los animales ingresaron a las instalaciones de la planta de sacrificio y permanecieron en los corrales sin agua de bebida durante al menos ocho horas.

El grupo experimental se repartió en cinco lotes, de 12 ó 13 animales cada uno, los cuales se procesaron en fechas distintas. A pesar de que se buscó homogeneidad en los lotes, se presentaron ligeras variaciones en las condiciones de sacrificio de los mismos, las cuales se detallan en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Condiciones particulares de cada lote de animales muestreado.

	Sexo	Edad	Procedencia	Planta de Sacrificio	Sistema de aturdido
Lote #1	M	0 a 2	San Carlos	CoopMontecillos	Bala de rifle calibre 22
Lote #2	H	4 a 8	San Carlos	CoopMontecillos	Bala de rifle calibre 22
Lote #3	H	2 a 6	Cañas	El Arreo	Bala de rifle calibre 22
Lote #4	H	0 a 4	San Carlos	El Arreo	Aturdidor eléctrico
Lote #5	M	0 a 2	San Carlos	CoopMontecillos	Bala de rifle calibre 22

La razón por la cual el Lote #4 se aturdió con un método distinto a los demás corresponde a causas fuera de lo previsto, pues casualmente El Arreo modificó el sistema unos pocos días antes del sacrificio de este lote y no se manejó esa información sino hasta después del sacrificio de los animales. Este aturdidor eléctrico, tipo "*Dinamita para Bovinos*", consiste en un dispositivo que descarga entre 600 y 700 voltios, con 1,4 amperios, a través de un chuzo o cable eléctrico. Este cable se presiona sobre el cuello o la frente del bovino, el cual brama durante unos segundos antes de caer aturdido.

Se procede a colgar la res de la pata trasera derecha al tiempo que es lavado para disminuir la suciedad. Inmediatamente se degüella y se desangra. En ambas plantas se utiliza la estimulación eléctrica durante unos 30 segundos.

Una vez que la res drena la mayor cantidad de sangre, se descuerna, se decapita, se cortan las manos delanteras a nivel de la articulación carpo-metacarpo y de la misma forma se extraen las extremidades posteriores a partir del metatarso. Se separa el cuero utilizando una máquina descueradora y se procede a cortar la cavidad abdominal a lo largo de la línea alba para extraer las vísceras, a lo que se le conoce como panzada. Seguidamente se realiza una inspección general para eliminar tejidos sospechosos, previo a la inspección oficial que ejecuta un representante del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Posterior a la decapitación se observa el número de dientes permanentes de cada animal. En aquellos casos en que se encuentra que los dientes permanentes están brotando de la encía, se consideran como dientes debidamente formados.

Durante el proceso de sacrificio y eviscerado se toma nota del peso en pie de cada animal, del peso de la canal caliente, se mide la longitud de la canal con una cinta métrica, desde el extremo caudal de la pelvis hasta la región cervical.

Las canales permanecieron aproximadamente 24 horas en la cámara de refrigeración (cuya temperatura oscila entre 5 y 0°C, según la hora del día). El deshuese se realiza el día siguiente al sacrificio en cada caso, y tuvo lugar en las instalaciones de Industrias Cárnicas Integradas, S.A. Durante este proceso se toman las medidas de profundidad del costillar, la circunferencia del antebrazo y la circunferencia de la pierna en su parte más ancha y en la posición estándar, para ello se emplea una cinta flexible para medir. Además se mide el peso de la canal fría y el área del ojo del lomo de acuerdo con el procedimiento que se detalla más adelante.

De las muestras que se reservan para los análisis de suavidad, se separa un pequeño trozo de cada músculo por animal, en estado de congelación (-30°C), el cual se envía, debidamente identificado y empacado al vacío, al Laboratorio de Química del CITA para determinar la composición en humedad, grasa y proteína, utilizando los métodos oficiales de la AOAC. La humedad se analiza por estufa al vacío aplicando el método 950.46A, AOAC 1990 (AQCITA-M002), la grasa cruda por extracto etéreo aplicando el método 960.39 AOAC 1990 (AQCITA-M005) y por último, para el análisis de proteína por Macro-Kjeldahl se emplea el equipo FossTecator según AQCITA-M003.

IV.3.2. Procedimiento para la medición de pH

La medición del pH se realizó a 1; 3; 6; 12 y 24 horas post sacrificio directamente sobre el lomo en la canal izquierda (**Figura 3.**), utilizando un pHmetro portátil con electrodo de aguja tipo KNiPHE marca Orion que se conecta a un pHmetro marca Orion (modelo 230A). Sin embargo, este método no se empleó para las mediciones del Lote #1 ni para las mediciones de pH a 48 y 72 horas, para las cuales se tomaron muestras de aproximadamente 15 gramos de la cara superior del corte entre la decimosegunda y la decimotercera vértebra torácica y se siguió el procedimiento que se describe a continuación. Se tomó una muestra de 10 gramos de carne de lomo de la canal izquierda del animal, a nivel de la décimo tercera costilla (Figura 3.). Se licuó durante un minuto con 90 ml de agua destilada en una licuadora marca Oster a máxima velocidad. Se filtró con un papel de filtro Watman de filtrado rápido y al filtrado se le midió el pH utilizando un pHmetro Orion (modelo 601A). Este procedimiento se repitió con las muestras del Lote #1 a 1; 3; 6; 24; 48 y 72 horas post sacrificio y con las de los demás lotes a 48 y 72 horas post sacrificio.



Figura 3. Corte a nivel de la 12°- 13° costilla

IV.3.3. Procedimiento del deshuese

El deshuese empezó con la separación de la giba, la paleta (salen juntas el cacho de la paleta y la posta de la paleta o lomo de paleta), el brazo, el pecho, la quititeña, el pescuezo, los lomos (el lomo de aguja y cola de lomo que componen el delmónico, el lomo ancho y en lomo F.M.) y por último el costillar, realizando un corte entre la decimosegunda y la decimotercera costilla.

Posteriormente se procedió a deshuesar el cuarto posterior de la canal. En primera instancia se cortó la falda, la cola y la pelvis. A continuación se separaron los cortes de mayor importancia económica en este orden: posta de cuarto, mano de piedra, solomo y punta de solomo, vuelta de lomo, bolita y por último el ratón trasero.

Una vez que se ha deshuesado totalmente la canal, se procedió a pesar las piezas por grupos:

- Cortes finos: lomito, lomo, lomo de aguja y cola de lomo.
- Posta de primera: vuelta de lomo, mano de piedra, posta de cuarto, bolita, solomo y punta de solomo.
- Cortes de segunda: posta de paleta, cabeza de cecina, cacho de paleta, cacho de vuelta de lomo, cecina, lomo entraña, lomo de paleta, lomo de pescuezo, pecho y quititeña.
- Cortes calidad industrial: campana, candados, degolladura, gallinilla, giba, ratones, pescuezo, costillar y BCH
- Rabo
- Hueso
- Sebo

IV.3.4. Medición del área del ojo del lomo

Se realizó la medición a las 24 horas *post mortem*. Una vez que se extrajo el lomo de la canal, se realizó un corte al nivel de la decimosegunda y la decimotercera costilla, de manera que el corte quedó recto. Se humedeció levemente el área transversal de la pieza de carne con agua destilada, se tomó una hoja de papel absorbente y se colocó sobre la parte humedecida, ejerciendo una ligera presión. Posteriormente se marcó la circunferencia del lomo con un lápiz de grafito y se midió el área encerrada en esa circunferencia con una tabla cuadrículada con puntos, del Laboratorio de Análisis de Carnes *LinBife*, validada para este fin.

IV.3.5. Método HunterLab para la medición del color del lomo

Se colocó una muestra de lomo ancho de la canal izquierda a las 48 horas *post mortem* dentro de una placa de Petri. Se tuvo especial cuidado en no incluir tejido adiposo o conectivo dentro de la muestra y cubrir perfectamente la superficie inferior de la placa de manera que no se observaran espacios sin muestra. Se colocó la placa con la superficie inferior de cara al rayo de luz del aparato (Hunter Lab, D25 M Optical Sensor DP-9000). Se tomaron cuatro mediciones de cada muestra en distintas posiciones, girando la placa aproximadamente 45° entre cada medición. Se anotó el promedio de las mediciones para cada una de las tres variables: L^* , a^* , b^* .

IV.3.6. Procedimiento de la medición de fuerza de corte

Los trozos que se emplearon para medir la fuerza de corte se tomaron siempre del mismo lugar en cada uno de los músculos seleccionados: lomo (*longissimus*), lomito (*psaos major*), vuelta de lomo (*gluteus medius*), posta de cuarto (*semimembranosus*), solomo (*biceps femoris*), posta de paleta (*triceps branchii*). En todos los casos consistió en piezas de 15 cm de largo obtenidas de

la parte medial del corte. Estos cortes se empacaron al vacío en una máquina TurboVac (tipo 1000ST) e inicialmente se refrigeraron a cero grados centígrados y cinco días después del deshuese se congelaron mediante el sistema de túnel de congelamiento (*"blast freezer"*) a una temperatura de 30 grados centígrados bajo cero.

Para cuantificar la fuerza de corte de la carne se siguió la metodología Warner-Bratzler (WB). Se cortaron las muestras aún congeladas en filetes de 2,5 cm de ancho, se identificaron y se pesaron individualmente. Se dejó en refrigeración (0°C) durante 18 horas al menos dos filetes de cada músculo para permitir que se descongelaran lentamente hasta una temperatura de cero grados centígrados. Los filetes descongelados se cocinaron en una parrilla de gas industrial precalentada a 225°C hasta que la temperatura interna de cada trozo de carne alcanzó 35°C, momento en el cual se volteó para lograr que se cocinara por ambos lados. Cuando la temperatura interna registró 70 grados centígrados con el registrador de temperatura Termocouple Cole-Parmer, Modelo 8534-25, se retiró de la parrilla. Se pesó la muestra antes de la cocción y dos horas después de la misma, cuando hubo alcanzado temperatura ambiente. Se extrajeron entre cinco y diez bocados de 1 cm de diámetro en cada filete, en dirección paralela a las fibras musculares, cuatro en los extremos y tres centrales, según las dimensiones del mismo. Posteriormente se colocaron las muestras en el aparato que mide la fuerza de corte (Instron, 1000) con cuchilla WarnerBratzler y que se muestra en el Anexo 5.

IV.4. Descripción del análisis estadístico

IV.4.1. Variables analizadas

Con relación a las variables: peso de la canal caliente, peso de la canal fría, longitud de la canal, color del lomo a las 48 horas post sacrificio, área del ojo del lomo, pH en los distintos tiempos *post mortem*, rendimiento de carne al deshuese, rendimiento de cortes finos, rendimiento de cortes de primera,

rendimiento de cortes de segunda, rendimiento de cortes industriales, proporción de rabo, proporción de hueso, proporción de sebo, peso del cuero, cobertura muscular, cobertura de grasa, circunferencia de la pierna, circunferencia del antebrazo, profundidad de costilla, fuerza de corte de los músculos, merma por descongelación, merma por cocción, contenido de humedad, contenido de grasa y contenido de proteína.

IV.4.2. Análisis estadístico

La información generada en este estudio se analizó a través de análisis de variancia para determinar el efecto de la edad, del sexo, de la interacción edad*sexo y de la procedencia de los animales utilizando el procedimiento PROC GLM (SAS, 1993).

Se realizaron además análisis de correlación, utilizando el procedimiento PROC CORR (SAS, 1993) entre todas las variables consideradas.

La asociación entre pH con relación al tiempo post sacrificio se analizó empleando técnicas de regresión lineal (PROC GLM; SAS, 1993).

Para calcular ecuaciones de predicción se recurrió al método RMAX de PROC REG (SAS, 1993). En todos los casos el nivel de significancia empleado fue de 0,05.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

V.1. Efecto del sexo

V.1.1. Características de la canal

Los toros enteros crecen más rápido, pues utilizan los alimentos con mayor eficiencia, además, presentan un mayor rendimiento de la canal por tener menos grasa y más carne (Rübensam, SF). En el Cuadro 3. los machos enteros comparados con hembras de igual edad dentaria presentaron mayores pesos vivos ($P < 0,0001$). El peso vivo está estrechamente relacionado con el peso de la canal caliente y de la canal fría, por lo tanto, el rendimiento de la canal fría con respecto al peso vivo también es significativamente superior ($P < 0,0001$) en machos que en hembras de la misma edad dentaria. Lo mismo ocurre con otras dimensiones del animal como la longitud de la canal ($P < 0,05$), la circunferencia estándar de la pierna ($P < 0,05$), la circunferencia de pierna en la parte más ancha ($P < 0,0001$), la profundidad del costillar ($P < 0,0001$), la circunferencia del antebrazo ($P < 0,0001$) y el peso del cuero ($P < 0,0001$).

Figuroa (1996) reporta un valor promedio de 379 kg para el peso vivo de las hembras sacrificadas en una planta de sacrificio entre 1994 y 1995. Este dato es superior al que se obtuvo en este estudio debido a que reúne tanto los datos de las novillas como de las vacas adultas. Por otro lado, para el caso de los machos, el peso vivo promedio de todos los animales sacrificados en dicho periodo fue 445 kg, similar al que se presenta en el Cuadro 3.

En el caso del área del ojo del lomo el efecto del sexo no fue significativo, similar a lo que encontraron Boleman *et al.* (1998) entre hembras y machos castrados y que confirman Huxsoll *et al.* (1998); citados por Carvajal (2000); para machos enteros y machos implantados. Crockett *et al.* (1979); citados por Carvajal (2000); también determinaron que el sexo del animal no influye considerablemente en el área del ojo del lomo, pues los valores de hembras

Angus, Brangus y Hereford de 79, 79 y 74 cm² respectivamente, no son significativamente diferentes de los valores de machos.

Cuadro 3. Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.

Variable	Machos (n=24)	Hembras (n=12)
Peso vivo, kg	435,92 \pm 34,79 a**	337,83 \pm 36,57 b**
Peso de la canal caliente, kg	251,23 \pm 20,01 a**	193,42 \pm 22,60 b**
Peso de la canal fría, kg	247,35 \pm 19,55 a**	183,32 \pm 22,16 b**
Rendimiento de canal fría, %	56,75 \pm 1,27 a**	54,24 \pm 1,84 b**
Grado de cobertura muscular	2,25 \pm 0,44 a**	3,33 \pm 0,49 b**
Grado de cobertura de grasa	1,00 \pm 0,00 a**	1,58 \pm 0,51 b**
Grado color de grasa cobertura	1,00 \pm 0,00 a	1,25 \pm 0,45 a
Longitud de la canal, cm	153,50 \pm 2,07 a*	147,92 \pm 6,08 b*
Circunferencia estándar de pierna, cm	82,38 \pm 9,64 a*	69,83 \pm 7,43 b*
Circunferencia de pierna en la parte más ancha, cm	108,92 \pm 3,30 a**	99,92 \pm 5,45 b**
Profundidad del costillar, cm	85,58 \pm 5,90 a**	68,67 \pm 6,30 b**
Circunferencia antebrazo, cm	42,88 \pm 2,11 a**	36,42 \pm 1,98 b**
Area del ojo del lomo, cm ²	90,50 \pm 12,21 a	89,92 \pm 13,81 a
Peso del cuero, kg	45,28 \pm 5,52 a**	30,73 \pm 4,44 b**

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa (P< 0,05), o ** altamente significativa (P< 0,0001)

El efecto que producen las hormonas sexuales sobre el desarrollo muscular se pone en evidencia a través del grado de cobertura muscular. La testosterona y otros andrógenos ejercen un importante efecto anabólico proteínico promotor

del crecimiento y de la deposición de músculo (Ganong, 1998). La contextura de los cuartos traseros de los machos jóvenes posee más de un punto de diferencia ($P < 0,0001$), en una escala de cinco, que la de hembras de su misma edad dentaria (Cuadro 3.), reflejando así la velocidad que adquiere un organismo fuertemente irrigado por testosterona para deponer músculo.

En el Cuadro 3. se muestra como el grado de cobertura de grasa de las hembras es significativamente mayor que el de los machos ($P < 0,0001$), provocado por la presencia sustancial de estrógenos (Carvajal, 2000). Sin embargo, el color de la grasa no depende de este fenómeno, sino más bien de una acumulación de pigmentos carotenoides que la tornan amarilla conforme avanza su madurez (Hodgson *et al.*, 1972; citados por Huerta, 2001), razón por la cual no se presentó diferencia significativa cuando se analizaron animales de distintos sexos de la misma edad.

V.1.2. Rendimiento del deshuese

Como consecuencia de la diferencia de peso entre animales de distinto sexo, resulta evidente que el total de carne que posee la canal de un macho sea significativamente mayor ($P < 0,0001$) que la de una hembra. No obstante, los datos del Cuadro 4. muestran que, a pesar de que no hay diferencias en el rendimiento porcentual de carne, la distribución de los cortes refleja mayor calidad en las canales de las hembras, pues poseen mayor proporción de cortes finos (lomito, lomo, lomo de aguja y cola de lomo) ($P < 0,05$), similar proporción de cortes de primera (vuelta de lomo, mano de piedra, posta de cuarto, bolita, solomo y punta de solomo), menor proporción de cortes de segunda ($P < 0,05$) y similar cantidad de cortes industriales con relación a los machos.

En el Cuadro 4. se observa que la proporción de peso que ocupa el rabo en la canal de los machos es ligeramente menor que la de las hembras ($P < 0,05$) por cuanto representa un 0,13 % menos. Una situación similar se presenta con la relación de sebo, que demuestra que la canal de una hembra contiene hasta

un 0,52 % más de sebo que la de los machos, lo cual confirma la afirmación anterior con respecto al grado de cobertura de grasa en la canal. Sin embargo, el valor obtenido de este estudio para la proporción de sebo de las hembras es menor que el 3,05% que se reporta en la literatura para todas las hembras sacrificadas entre 1994 y 1995 (Figuroa, 1996), lo cual se debe a que en el presente trabajo sí se clasificó a los animales por grupo de edad y en el Cuadro 4. únicamente se incluye a las novillas de cero a dos dientes permanentes que aún no han entrado en labor reproductiva.

Se determinó que la diferencia de sexo en animales coetáneos no refleja ninguna variación en la proporción de hueso, como tampoco en las relaciones entre carne, hueso y sebo.

Cuadro 4. Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento del deshuese de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.

Variable	Machos (n=24)	Hembras (n=12)
Total de carne deshuesada, kg	192,90 \pm 15,85 a**	143,33 \pm 17,64 b**
Rendimiento de carne, %	78,79 \pm 1,97 a	77,93 \pm 1,06 a
Rendimiento de cortes finos, %	7,08 \pm 0,58 a*	7,83 \pm 0,38 b*
Rendimiento de cortes primera, %	18,68 \pm 1,39 a	18,94 \pm 0,75 a
Rendimiento de cortes segunda, %	21,37 \pm 1,78 a*	19,84 \pm 0,57 b*
Rendimiento carne industrial, %	31,66 \pm 1,47 a	31,32 \pm 1,12 a
Proporción de rabo, %	0,50 \pm 0,11 a*	0,63 \pm 0,07 b*
Proporción de huesos, %	19,87 \pm 2,05 a	20,07 \pm 1,21 a
Proporción de sebo, %	0,84 \pm 0,35 a*	1,36 \pm 0,44 b*
Relación carne : sebo, kg	113,97 \pm 91,59 a	63,10 \pm 22,61 a
Relación carne : hueso, kg	4,02 \pm 0,58 a	3,90 \pm 0,28 a
Relación hueso : sebo, kg	29,61 \pm 26,43 a	16,40 \pm 6,32 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V. 1.3. Características organolépticas

Cuadro 5. Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.

Variable	Machos (n=24)	Hembras (n=12)
Color del lomo, L*	27,74 \pm 2,46 a	25,77 \pm 1,71 a
Color del lomo, a*	11,40 \pm 1,63 a	10,34 \pm 1,16 a
Color del lomo, b*	6,59 \pm 0,92 a	6,06 \pm 0,79 a
Color del lomo, croma	13,19 \pm 1,73 a	12,04 \pm 0,80 a
Color del lomo, hue	30,10 \pm 3,18 a	30,58 \pm 5,66 a
FCWB lomo, kg/cm ²	3,70 \pm 0,72 a*	2,89 \pm 0,59 b*
FCWB lomito, kg/cm ²	2,14 \pm 0,46 a*	2,58 \pm 0,56 b*
FCWB vuelta de lomo, kg/cm ²	3,23 \pm 0,63 a	2,70 \pm 0,46 a
FCWB posta de cuarto, kg/cm ²	3,68 \pm 0,71 a	3,38 \pm 0,42 a
FCWB solomo, kg/cm ²	4,86 \pm 1,32 a*	3,66 \pm 1,10 b*
FCWB posta de paleta, kg/cm ²	3,37 \pm 0,64 a	2,92 \pm 0,65 a
FCWB promedio, kg/cm ²	3,50 \pm 0,51 a*	3,02 \pm 0,49 b*
Coeficiente de variación para la FCWB en cada bistec, %	22,97 \pm 3,62 a**	17,32 \pm 1,65 b**

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). FCWB: Fuerza de corte Warner-Bratzler.

Los parámetros que definen el color del lomo a 24 horas *post mortem* no reflejan diferencia entre sexos (Cuadro 5.) y la fuerza de corte WB resultó ser inversamente proporcional al grado de suavidad de la carne. En general se puede decir, que las hembras proveen carne más suave y con menor variación en la textura de cada bistec que los machos. Esta tendencia es significativa para el

lomo, el lomito, el solomo y el promedio general ($P < 0,05$), no siendo así para la vuelta de lomo, la posta de cuarto y la posta de paleta. Estos resultados son confirmados por Huerta (2001a), quien establece que las carnes provenientes de toros adultos es calificada por los catadores como menos tierna al compararla con la proveniente de novillas de la misma edad. La razón del carácter relativamente duro de las carnes del toro no está bien clara. Cross *et al.* (1984; citados por Huerta, 2001a) lo atribuyen a la mayor complejidad del tejido conectivo y a la mayor concentración de testosterona en el animal entero. Morgan *et al.* (1993; citados por Huerta, 2001a) lo explican por la actividad más pronunciada de la calpastatina en músculos de toros.

Huffman *et al.* (1996) indican que la industria cárnica debe trabajar con carne de res cuyos valores de fuerza de corte por Warner-Bratzler sean iguales o inferiores a 4,1 kg para asegurarse altos niveles (98%) de aceptación del consumidor. Los machos jóvenes y las vacas de 4 a 8 dientes permanentes provenientes de la zona de San Carlos presentaron valores superiores, 4,86 y 4,40 respectivamente, en el solomo (Cuadro 5., Cuadro 13.).

V.1.4. Pérdidas de humedad

En el Cuadro 6. se puede observar que existe diferencia significativa ($P < 0,05$) entre la merma promedio de peso a la descongelación y a la cocción, de los cortes de carne de los machos con respecto a los de las hembras. Se sabe que los jugos de la carne, compuestos por lípidos derretidos en agua entre otras cosas, ayudan al ablandamiento y a la fragmentación de la carne durante la masticación, solo si estos son retenidos (Huerta, 2001). Los resultados de este estudio (Cuadro 5.) también permiten concluir que la carne de machos es un poco más resistente al corte que la de las hembras, debido a que las hembras tienden a contener mayor cantidad de grasa intramuscular (Cuadro 7.). Resultados similares fueron encontrados por Lawrie (1991).

Los promedios presentados para las hembras con relación a pérdida de humedad, resistencia al corte y contenido de grasa intramuscular combinadas, sugieren que estas podrían haber sido más gustosas, en términos de jugosidad, de haber sido evaluadas por un panel sensorial entrenado.

Cuadro 6. Valores promedio (\pm DE) de la merma de peso por pérdida de humedad de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.

Variable	Machos (n=24)	Hembras (n=12)
MD del lomo, %	7,42 \pm 3,64 a*	4,42 \pm 2,46 b*
MD del lomito, %	4,21 \pm 7,80 a	1,97 \pm 1,95 a
MD del vuelta de lomo, %	7,10 \pm 2,58 a	4,73 \pm 2,74 a
MD del posta de cuarto, %	7,76 \pm 3,39 a*	3,22 \pm 2,32 b*
MD del solomo, %	8,33 \pm 6,35 a*	4,07 \pm 2,47 b*
MD del posta de paleta, %	6,91 \pm 4,86 a	5,62 \pm 5,58 a
MD promedio de los cortes, %	7,01 \pm 3,19 a*	4,00 \pm 1,83 b*
MC del lomo, %	25,70 \pm 4,38 a*	21,58 \pm 4,56 b*
MC del lomito, %	22,20 \pm 9,87 a*	12,10 \pm 10,77 b*
MC del vuelta de lomo, %	27,16 \pm 4,41 a	24,40 \pm 4,44 a
MC del posta de cuarto, %	27,64 \pm 5,35 a	29,47 \pm 4,08 a
MC del solomo, %	26,53 \pm 4,63 a	25,96 \pm 2,82 a
MC del posta de paleta, %	27,29 \pm 7,12 a	24,80 \pm 5,30 a
MC promedio de los cortes, %	26,38 \pm 3,70 a*	23,05 \pm 2,84 b*

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). MD: Merma de peso por descongelación. MC: Merma de peso por cocción.

V.1.5. Características nutricionales

El contenido de proteína de los cortes analizados no refleja ninguna diferencia estadística entre animales de distinto sexo. Carvajal (2000) reportó valores de proteína entre 21,52 y 24,09% para el lomo de toros Brahman, valores aproximados al 23,35% que se muestra en el Cuadro 7. Por su parte, Chacón (2000) obtuvo 18% de proteína en el solomo de animales con un promedio de edad de 3,5 años, valor que difiere del 22,64% obtenido en este estudio en machos de cero a dos dientes, esta diferencia probablemente se debe a la mayor cantidad de grasa de los animales más viejos.

Cuadro 7. Valores promedio (\pm DE) de las características nutricionales de la carne de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos, con respecto al sexo.

Variable	Machos (n=12)	Hembras (n=12)
Contenido promedio de humedad, %	74,35 \pm 1,23 a	74,37 \pm 0,57 a
% de proteína en lomo	23,35 \pm 0,51 a	23,52 \pm 0,59 a
% de proteína en lomito	22,05 \pm 0,95 a	21,73 \pm 0,51 a
% de proteína en vuelta de lomo	22,98 \pm 1,30 a	23,02 \pm 0,75 a
% de proteína en posta de cuarto	23,51 \pm 0,71 a	23,48 \pm 0,50 a
% de proteína en solomo	22,64 \pm 1,03 a	22,91 \pm 0,93 a
% de proteína en posta de paleta	22,58 \pm 1,14 a	22,16 \pm 0,66 a
Contenido de proteína promedio, %	22,85 \pm 0,62 a	22,80 \pm 0,53 a
% de grasa en lomo	0,88 \pm 0,38 a	1,10 \pm 0,76 a
% de grasa en lomito	1,79 \pm 1,28 a	2,67 \pm 1,04 a
% de grasa en vuelta de lomo	0,91 \pm 0,44 a	1,48 \pm 0,79 a
% de grasa en posta de cuarto	0,61 \pm 0,28 a	0,88 \pm 0,41 a
% de grasa en solomo	1,04 \pm 0,64 a	1,24 \pm 0,56 a
% de grasa en posta de paleta	0,98 \pm 0,48 a*	1,42 \pm 0,61 b*
Contenido de grasa promedio, %	1,03 \pm 0,37 a	1,47 \pm 0,44 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V.1.6. Correlación entre pH y suavidad

Eilers *et al.* (1996) observaron una baja correlación, aunque significativa, entre el pH medido en el lomo a 1,5 horas *post mortem* y la terneza del lomo y el lomito. En el Cuadro 8. se muestra un resultado similar, pues para las canales de bovinos jóvenes, en todos los cortes analizados (con excepción del lomito) existe una correlación positiva entre la resistencia al corte y el pH medido a 1 hora *post mortem*, esto significa que a mayor lectura de pH a 1 hora la carne tendrá menor suavidad.

Por otro lado, se encontró que el pH a 3 horas únicamente se correlaciona negativamente con la suavidad del lomo ($P < 0,05$), tal como se presenta en el Cuadro 8. Coinciden en este punto Eilers *et al.* (1996), quienes obtuvieron una correlación negativa entre el pH del lomo a tres horas y la evaluación del panel sensorial para suavidad del lomo. En general, se observa una tendencia de las canales con menores valores de pH próximos al sacrificio a producir carne más suave en el lomo, el lomito y la posta de paleta.

Cuadro 8. Correlación entre el pH medido a distintos intervalos de tiempo en bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y la fuerza de corte de algunos músculos.

Variable	Promedio	FCWB	FCWB	FCWB
	FCWB (n=36)	lomo (n=36)	lomito (n=36)	paleta (n=36)
pH 1 hora <i>post mortem</i>	0,367 *	0,484 *	-0,178	0,412 *
pH 3 horas <i>post mortem</i>	0,328	0,447 *	-0,013	0,309
pH 6 horas <i>post mortem</i>	0,503 *	0,510 *	0,234	0,412 *
pH 12 horas <i>post mortem</i>	0,589 *	0,605 *	0,034	0,519 *
pH 24 horas <i>post mortem</i>	0,478 *	0,633 **	-0,223	0,414 *
pH 48 horas <i>post mortem</i>	0,186	0,281	-0,162	0,143
pH 72 horas <i>post mortem</i>	0,060	0,061	0,066	-0,032

Coefficiente de correlación de Pearson: * significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). FCWB: Fuerza de Corte Warner-Bratzler en kg/cm^2 .

V.1.7. Correlación entre características de la canal y rendimiento

Cuando debido a la velocidad de enfriamiento en las cámaras de refrigeración se logran temperaturas internas de la carne de 10-15°C mientras esta aún se encuentra en etapa de pre *rigor mortis*, se produce una tendencia a que se acorten las fibras musculares por contracción, como efecto directo del frío. Cuando la cobertura de grasa de la canal es pobre y el músculo se encuentra desprotegido del frío, la temperatura del mismo tiende a bajar más rápidamente que en aquellos casos en que posea una buena cobertura de grasa (Lawrie, 1991). Este fenómeno, conocido como "*cold-shortening*", podría ser el causante de que los animales de cero y dos dientes permanentes con poca grasa de cobertura presenten carne más dura (Cuadro 9.).

Huerta (2001) observó que los rasgos de la canal sirven para predecir el rendimiento porcentual en cortes deshuesados valiosos, hueso y grasa de recorte o sebo. En el Cuadro 9. se observan correlaciones positivas moderadamente altas y significativas entre el grado de cobertura de grasa y el grado de color de la grasa de cobertura con el porcentaje de sebo de la canal. Las correlaciones entre el peso de la canal fría y la circunferencia del antebrazo con la grasa a pesar de ser también significativas ($P < 0,05$) y de moderada magnitud, desde el punto de vista biológico no tienen una interpretación adecuada.

El rendimiento porcentual de cortes de segunda aparece reflejado como la variable que mejor se puede predecir a partir de características como el peso vivo, el peso de la canal (fría o caliente), la longitud de la canal, la circunferencia estándar de la pierna, la profundidad del costillar y la circunferencia del antebrazo. La mayoría de estos rasgos no se relacionan con el rendimiento de cortes de primera, variable que resultaría más importante para la predicción, por su repercusión económica.

Cuadro 9. Correlación entre características cuantificables en la canal de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y algunos indicadores de calidad.

Variable	Promedio	RCP, %	RCS, %	Sebo, %
	FCWB			
	(n=36)	(n=36)	(n=36)	(n=36)
Peso vivo, kg	0,268	-0,281	0,425 *	-0,307
Peso de la canal caliente, kg	0,230	-0,224	0,425 *	-0,298
Peso de la canal fría, kg	0,232	-0,194	0,422 *	-0,347 *
Grado de cobertura de grasa	-0,377 *	0,263	-0,234	0,436 *
Grado color de grasa cobertura	-0,128	0,072	-0,132	0,584 *
Longitud de la canal, cm	0,178	-0,280	0,546 *	-0,281
Circunferencia estándar de pierna, cm	0,392 *	-0,584 *	0,597 **	-0,176
Profundidad del costillar, cm	0,293	-0,400 *	0,550 *	-0,322
Circunferencia antebrazo, cm	0,129	0,000	0,351 *	-0,500 *
Area del ojo del lomo, cm ²	-0,084	0,413 *	-0,193	0,113
Rendimiento de carne, %	0,248	-0,370 *	0,769 **	0,066

Coefficiente de correlación de Pearson: * significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). Promedio FCWB: Fuerza de Corte Warner-Bratzler promedio de todos los cortes, en kg/cm². RCP: Rendimiento de cortes de primera (sobre el total de las piezas deshuesadas). RCS: Rendimiento de cortes de segunda.

V.1.8. Correlación entre color y pérdidas de humedad

La pérdida de peso de la carne durante la descongelación se debe a la eliminación del agua que originalmente se encontraba dentro del tejido muscular pero que, debido a la disminución en la capacidad de retención de agua de la carne, no logra permanecer dentro de las células y se libera al medio (Lawrie, 1991).

La absorción y la reflectancia de los rayos de luz de distintos colores, está dada por la composición química de la carne y la cantidad de agua en la superficie, este fenómeno es el tipo de estímulo que percibe el ojo humano (Castillo, 2000). De acuerdo con la información presentada en el Cuadro 10., conforme aumenta la merma de peso durante la descongelación, el color de la carne se presenta más claro y en tonos de rojo y amarillo.

Cuadro 10. Correlación entre el color del lomo de bovinos jóvenes (con cero y dos dientes permanentes) provenientes de San Carlos y la merma de peso de la carne por descongelación.

Variable	L* (n=36)	a* (n=36)	b* (n=36)	croma* (n=36)
MD del lomo	0,6234 **	0,1401	0,4736 *	0,2512
MD del lomito	0,3790 *	-0,0752	0,1666	-0,0125
MD del vuelta de lomo	0,2698	0,3471	0,4233 *	0,4098 *
MD del posta de cuarto	0,1958	0,4336 *	0,4009 *	0,4792 *
MD del solomo	0,4091 *	0,3536 *	0,5572 *	0,4587 *
MD del posta de paleta	0,3741 *	-0,1448	0,3541 *	-0,0094

Coefficiente de correlación de Pearson: * significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). MD: Merma de peso por descongelación.

V.2. Efecto de la edad

V.2.1. Características de la canal

Las etapas de crecimiento de un bovino se diferencian según el desarrollo sexual y el tipo de actividad que lleva a cabo. Durante los primeros años de su vida toma lugar el crecimiento óseo y muscular. En el presente estudio los animales de 0 a 2 dientes y los viejos (4-8 dientes) no muestran diferencia

significativa para el peso de la canal, la cobertura muscular, la circunferencia del antebrazo ni la longitud de la canal, lo cual pone en evidencia que cuando el animal posee los 2 dientes permanentes, antes de los 30 meses de edad (Lawrence *et al.*, 1997) ya su desarrollo óseo y muscular se ha completado (Cuadro 11.).

Cuando el animal ha adquirido una estructura corporal muy similar a la de un adulto, empieza a desarrollarse el aparato reproductor para alcanzar la madurez sexual. Se encontró que los animales de mayor edad cronológica poseían pesos vivos mayores, en tanto que el rendimiento de la canal fría era menor que la de los animales más jóvenes ($P < 0,05$). En el Cuadro 11. se muestra que animales más viejos, aunque no han crecido en sus dimensiones musculares, poseen mayor peso, ocupado por sus vísceras, lo cual se sustenta a través de la profundidad del costillar ($P < 0,05$). En este caso con mayor razón, pues lo que se analiza como animal viejo son vacas de varios partos cuyo órgano reproductor se encuentra totalmente desarrollado y que incluso podría haber estado en gravidez.

Con respecto de la circunferencia de la pierna (estándar), existe una tendencia a ser mayor en animales de mayor edad, sin embargo esta diferencia entre edades, no mostró diferencias significativas ($P < 0,05$). Por otro lado, la circunferencia de la pierna en la parte más ancha sí mostró diferencias significativas ($P < 0,05$) con relación a la edad, las hembras más jóvenes presentaron mayor valor que las de más edad, sugiriendo que la pierna de una novilla muestra mayores protuberancias que la de una vaca vieja.

Como se mencionó anteriormente, el color de la grasa depende de una acumulación de pigmentos carotenoides, adquiridos mediante las dietas forrajeras, que la tornan amarilla conforme avanza su madurez (Hodgson *et al.*, 1972; citados por Huerta, 2001), esto explicaría el efecto significativo ($P < 0,05$) de la edad para el grado de color de grasa (Cuadro 11.). Por otro lado, la deposición de grasa, tanto intramuscular como subcutánea, también muestra

relación directa con la madurez, debido a que el efecto estrogénico se da más intensamente en animales sexualmente desarrollados.

Cuadro 11. Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal de todas las hembras, por edad.

Variable	0 a 2 dientes permanentes (n=21)	4 a 8 dientes permanentes (n=15)
Peso vivo, kg	361,33 \pm 39,99 a*	416,27 \pm 50,86 b*
Peso de la canal caliente, kg	198,81 \pm 18,61 a	210,30 \pm 31,04 a
Peso de la canal fría, kg	192,09 \pm 20,26 a	208,06 \pm 30,74 a
Rendimiento de canal fría, %	53,23 \pm 1,99 a*	49,92 \pm 2,83 b*
Grado de cobertura muscular	3,19 \pm 0,40 a	3,07 \pm 0,46 a
Grado de cobertura de grasa	1,76 \pm 0,44 a*	2,60 \pm 1,12 b*
Grado color de grasa de cobertura	1,57 \pm 0,51 a*	2,40 \pm 0,74 b*
Longitud de la canal, cm	148,43 \pm 5,35 a	150,13 \pm 5,78 a
Circunferencia estándar de pierna, cm	66,41 \pm 8,59 a	72,53 \pm 7,87 a
Circunferencia de pierna en la parte más ancha, cm	101,69 \pm 4,68 a*	95,33 \pm 7,88 b*
Profundidad del costillar, cm	73,57 \pm 7,81 a*	76,33 \pm 5,09 b*
Circunferencia antebrazo, cm	38,02 \pm 2,54 a	37,30 \pm 3,54 a
Area del ojo del lomo, cm ²	83,71 \pm 14,69 a*	71,93 \pm 7,87 b*
Peso del cuero, kg	33,91 \pm 5,55 a	34,44 \pm 6,23 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V.2.2. Rendimiento del deshuese

Algunos autores han encontrado que el peso del tejido muscular generalmente representa entre un 49 y un 68 por ciento del peso de la canal

(McMeekan, 1941 y Pallson, 1940; citados por Lawrie, 1991). Sin embargo, en el Cuadro 12. se muestran valores de 77 y 75% para novillas y vacas respectivamente ($P < 0,05$).

Según Lawrie (1991) la proporción de hueso decrece conforme el animal envejece. En este trabajo dicho argumento podría ser válido sólo para machos pues se presenta el efecto contrario en el caso de las hembras (Cuadro 12.). Las vacas más viejas tienden a poseer mayor proporción de hueso, sebo, cortes de segunda y carne industrial, debido principalmente a un menor rendimiento en cortes finos y de primera ($P < 0,05$).

Cuadro 12. Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento del deshuese de todas las hembras, por edad.

Variable	0 a 2 dientes permanentes (n=21)	4 a 8 dientes permanentes (n=15)
Total de carne deshuesada, kg	147,65 \pm 14,67 a	153,49 \pm 25,57 a
Rendimiento de carne, %	77,01 \pm 1,58 a*	75,24 \pm 1,70 b*
Rendimiento de cortes finos, %	7,75 \pm 0,46 a*	7,09 \pm 0,54 b*
Rendimiento de cortes primera, %	20,50 \pm 1,95 a*	18,32 \pm 1,88 b*
Rendimiento de cortes segunda, %	18,53 \pm 1,70 a	18,85 \pm 1,91 a
Rendimiento carne industrial, %	30,23 \pm 1,78 a	30,98 \pm 3,92 a
Proporción de rabo, %	0,63 \pm 0,08 a	0,57 \pm 0,10 a
Proporción de huesos, %	20,25 \pm 1,22 a	21,34 \pm 2,15 a
Proporción de sebo, %	2,11 \pm 0,98 a	2,84 \pm 1,19 a
Relación carne : sebo, kg	46,68 \pm 25,76 a	34,87 \pm 26,44 a
Relación carne : hueso, kg	3,82 \pm 0,29 a	3,57 \pm 0,45 a
Relación hueso : sebo, kg	12,24 \pm 6,82 a	10,12 \pm 8,04 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V.2.3. Características organolépticas

A medida que los animales avanzan en edad, sus músculos se tornan de un color más intenso y de una textura más áspera (Huerta, 2001a). Los resultados obtenidos en este trabajo (Cuadro 13.) confirman lo reportado en la literatura, pues los animales jóvenes mostraron una tendencia a producir carnes más claras ($P < 0,0001$).

Cuadro 13. Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne de todas las hembras, por edad.

Variable	0 a 2 dientes permanentes (n=21)	4 a 8 dientes permanentes (n=15)
Color del lomo, L*	26,19 \pm 1,60 a**	22,88 \pm 1,61 b**
Color del lomo, a*	10,40 \pm 0,96 a	10,58 \pm 1,50 a
Color del lomo, b*	6,21 \pm 0,67 a**	4,93 \pm 0,92 b**
Color del lomo, croma	12,15 \pm 0,75 a	11,70 \pm 1,53 a
Color del lomo, hue	30,98 \pm 4,35 a*	25,13 \pm 4,55 b*
FCWB lomo, kg/cm ²	2,93 \pm 0,52 a	3,29 \pm 0,47 a
FCWB lomo, kg/cm ²	2,71 \pm 0,58 a**	1,90 \pm 0,79 b**
FCWB vuelta de lomo, kg/cm ²	2,77 \pm 0,57 a	2,80 \pm 0,52 a
FCWB posta de cuarto, kg/cm ²	3,38 \pm 0,49 a	3,35 \pm 0,59 a
FCWB solomo, kg/cm ²	3,80 \pm 1,04 a	4,40 \pm 0,73 a
FCWB posta de paleta, kg/cm ²	2,98 \pm 0,60 a	3,00 \pm 0,59 a
FCWB promedio, kg/cm ²	3,10 \pm 0,49 a	3,12 \pm 0,35 a
Coeficiente de variación para la FCWB en cada bístec, %	18,08 \pm 3,00 a**	24,97 \pm 4,60 b**

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). FCWB: Fuerza de corte Warner-Bratzler.

Las variaciones en la suavidad de la carne son debidas al porcentaje de colágeno soluble, influenciado por el marmoleo y la edad del animal. Al aumentar la edad la estructura de hélice de tres cadenas de polipéptidos se hace más estable debido a que los puentes de colágeno adquieren mayor resistencia al calor, por lo tanto la carne es más dura (Dikeman, 1990; citado por Carvajal, 2000). Huff-Lonergan *et al.* (1995) en su estudio para determinar si la edad y el sexo provocan algún efecto sobre la tasa de degradación de titina encontraron que la tasa de degradación fue más lenta en las muestras de carne de las vacas de mayor edad, las cuales a su vez resultaron las menos suaves. Sin embargo, la suavidad del lomo en este estudio mejoró significativamente con el aumento en edad de los animales, como se observa en el Cuadro 13. Para los otros cortes, no se encontraron diferencias significativas.

El lomo, que resultó ser el corte más suave (Cuadro 13.), también posee mayor cantidad de grasa intramuscular (Cuadro 15.). Sin embargo, al estudiar el grado de correlación entre ambas variables se determinó que el mismo es bajo (0,16) y no significativo (Anexo 2). Lo mismo ocurrió con la vuelta de lomo y con el lomo, para los cuales se obtuvieron correlaciones no significativas de 0,16 y 0,12, respectivamente.

V.2.4. Pérdidas de humedad

Para Lawrie (1991), a pesar de que las reses jóvenes tienen mayor cantidad de fluidos que liberan rápidamente en el primer momento, al final provocan la sensación de carne seca pues su contenido de grasa es pobre. Este argumento respalda los resultados presentados en el Cuadro 14., pues aunque para la merma por descongelación el efecto de edad no fue significativo, la diferencia de edades para la merma por cocción resultó significativa en la mayoría de los cortes.

Cuadro 14. Valores promedio (\pm DE) de la merma de peso por pérdida de humedad de la carne de todas las hembras, por edad.

Variable	0 a 2 dientes permanentes (n=21)	4 a 8 dientes permanentes (n=15)
MD promedio de los cortes, %	5,56 \pm 2,85 a	5,10 \pm 1,53 a
MC del lomo, %	24,14 \pm 6,67 a*	17,42 \pm 5,39 b*
MC del lomo, %	20,95 \pm 13,35 a	20,71 \pm 9,21 a
MC del vuelta de lomo, %	25,23 \pm 3,78 a*	18,93 \pm 7,03 b*
MC del posta de cuarto, %	29,12 \pm 4,70 a*	21,58 \pm 6,19 b*
MC del solomo, %	25,37 \pm 2,80 a**	18,63 \pm 5,38 b**
MC del posta de paleta, %	25,61 \pm 4,41 a*	17,84 \pm 7,94 b*
MC promedio de los cortes, %	25,07 \pm 3,37 a**	19,18 \pm 5,80 b**

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). MD: Merma de peso por descongelación. MC: Merma de peso por cocción.

V.2.5. Características nutricionales

La fracción nitrogenada llega a ser un 70-80% de su valor adulto al nacimiento y el incremento subsiguiente se vuelve asintótico a los 5 meses de edad (Lawrie, 1991). Esto explica porqué los valores de composición proteica de los músculos estudiados (Cuadro 15.), no muestran diferencia significativa entre los grupos de edad.

El Cuadro 15. muestra valores porcentuales de grasa mayores para las vacas que para las novillas, aunque los mismos no son significativos. Esto se debe a que la grasa intramuscular se comienza a depositar a partir de los 40 meses de edad (Lawrie, 1991).

Cuadro 15. Valores promedio (\pm DE) de las características nutricionales de la carne de todas las hembras, por edad.

Variable	0 a 2 dientes permanentes (n=12)	4 a 8 dientes permanentes (n=13)
Contenido promedio de humedad, %	73,85 \pm 1,42 a	74,47 \pm 0,66 a
% de proteína en lomo	23,52 \pm 0,60 a	23,07 \pm 0,74 a
% de proteína en lomoito	21,74 \pm 0,50 a	22,15 \pm 0,68 a
% de proteína en vuelta de lomo	23,02 \pm 0,76 a	23,27 \pm 0,76 a
% de proteína en posta de cuarto	23,49 \pm 0,51 a	23,59 \pm 1,07 a
% de proteína en solomo	22,91 \pm 0,94 a	22,88 \pm 0,84 a
% de proteína en posta de paleta	22,81 \pm 0,65 a	22,85 \pm 0,90 a
Contenido de proteína promedio, %	22,95 \pm 0,51 a	22,72 \pm 0,59 a
% de grasa en lomo	1,09 \pm 0,74 a	1,77 \pm 1,20 a
% de grasa en lomoito	2,68 \pm 1,04 a	3,03 \pm 1,90 a
% de grasa en vuelta de lomo	1,49 \pm 0,79 a	1,98 \pm 1,11 a
% de grasa en posta de cuarto	0,87 \pm 0,41 a	1,28 \pm 0,75 a
% de grasa en solomo	1,24 \pm 0,57 a	2,24 \pm 1,67 a
% de grasa en posta de paleta	1,44 \pm 0,61 a	1,95 \pm 1,04 a
Contenido de grasa promedio, %	1,47 \pm 0,85 a	2,04 \pm 0,42 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V.2.6. Correlación entre pH y suavidad

En el Cuadro 16. se muestra que la única medición de pH que no tuvo relación con la suavidad del lomoito, consiste en la de las 3 horas *post mortem*, coincidiendo con lo obtenido por Eilers *et al.* (1996).

Bruce y Ball (1990) encontraron que condiciones en que la temperatura a tempranas horas *post mortem* es alta y por ende el pH baja más rápidamente, se asocian con un incremento en la fuerza de corte. La justificación que sugieren

estos investigadores se basa en que la aceleración de los procesos de glicólisis promovidos por las altas temperaturas de la carne, provocan un descenso del pH por debajo del adecuado para la actividad de la proteasa dependiente de calcio, lo cual reduce sustancialmente la contribución de estas proteasas a la degradación proteica y la suavidad.

Cuadro 16. Correlación entre el pH medido a distintos intervalos de tiempo en hembras de todas las edades y la fuerza de corte de algunos músculos.

Variable	Promedio FCWB (n=36)	FCWB lomo (n=36)	FCWB lomito (n=36)	FCWB paleta (n=36)
pH 1 hora <i>post mortem</i>	-0,086	0,093	-0,462 *	-0,212
pH 3 horas <i>post mortem</i>	-0,077	-0,014	-0,185	-0,085
pH 6 horas <i>post mortem</i>	0,256	0,061	0,562 *	0,150
pH 12 horas <i>post mortem</i>	0,150	-0,082	0,472 *	0,195
pH 24 horas <i>post mortem</i>	-0,114	0,072	-0,561 *	-0,108
pH 48 horas <i>post mortem</i>	0,028	0,259	-0,442 *	-0,078
pH 72 horas <i>post mortem</i>	-0,032	0,212	-0,464 *	-0,057

Coefficiente de correlación de Pearson: * significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). FCWB: Fuerza de Corte Warner-Bratzler en kg/cm^2 .

V.2.7. Correlación entre características de la canal y rendimiento

Huerta (2001) destaca que la correlación entre los rasgos de la canal y el rendimiento de sebo es la que permite predecir mejor el rendimiento de carne de forma indirecta. Los resultados obtenidos en este trabajo (Cuadro 17.) indican que en las hembras, tanto la suavidad promedio de la carne como el rendimiento porcentual de cortes de segunda, presentan una relación muy baja con las variables de peso vivo, peso de la canal caliente y fría, grado de cobertura y color de grasa, longitud de la canal, circunferencia de la pierna, profundidad del costillar, circunferencia del antebrazo y área del ojo del lomo.

Cuadro 17. Correlación entre características cuantificables en la canal de hembras de todas las edades y algunos indicadores de calidad.

Variable	Promedio	RCP, %	RCS, %	Sebo, %
	FCWB			
	(n=36)	(n=36)	(n=36)	(n=36)
Peso vivo, kg	-0,078	-0,111	-0,209	0,752 **
Peso de la canal caliente, kg	-0,123	-0,092	-0,091	0,652 **
Peso de la canal fría, kg	-0,118	-0,051	-0,172	0,725 **
Grado de cobertura de grasa	-0,277	-0,272	-0,104	0,635 **
Grado color de grasa cobertura	0,013	-0,105	-0,136	0,572 *
Longitud de la canal, cm	-0,177	-0,135	0,162	0,180
Circunf. estándar de pierna, cm	0,221	-0,476 *	0,224	-0,038
Profundidad del costillar, cm	0,009	0,229	-0,437	0,688 **
Circunferencia antebrazo, cm	-0,059	0,448 *	-0,298	0,422 *
Área del ojo del lomo, cm ²	0,086	-0,050	0,248	-0,288
Rendimiento de carne, %	-0,217	-0,075	0,158	-0,404 *

Coefficiente de correlación de Pearson: * significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). Promedio FCWB: Fuerza de Corte Warner-Bratzler promedio de todos los cortes, en kg/cm². RCP: Rendimiento de cortes de primera (sobre el total de las piezas deshuesadas). RCS: Rendimiento de cortes de segunda.

V.3. Efecto del lugar de procedencia

V.3.1. Características de la canal

Considerando que cada grupo comparado en el (Cuadro 18.) proviene de una misma finca y que no necesariamente las condiciones de cada zona estén representadas en esa única finca, se deduce que por razones multifactoriales las novillas de Cañas alcanzan mejores pesos a una misma edad que las de San Carlos ($P < 0,05$). Eso trae como consecuencia que otras dimensiones de este último grupo (circunferencia del antebrazo, costillar y peso del cuero) sean inferiores que las del primero ($P < 0,05$), con excepción del rendimiento de la canal fría. Los animales de Cañas son más pesados y presentan un rendimiento de canal fría mayor, con respecto al peso vivo.

Cuadro 18. Valores promedio (\pm DE) de las características de la canal del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.

Variable	San Carlos (n=9)	Cañas (n=9)
Peso vivo, kg	345,33 \pm 38,39 a*	392,67 \pm 14,77 b*
Peso de la canal caliente, kg	199,00 \pm 23,58 a	206,00 \pm 7,83 a
Peso de la canal fría, kg	188,54 \pm 23,38 a	203,79 \pm 9,03 a
Rendimiento de canal fría, %	54,57 \pm 1,72 a*	51,90 \pm 1,30 b*
Grado de cobertura muscular	3,33 \pm 0,50 a	3,00 \pm 0,00 a
Grado de cobertura de grasa	1,67 \pm 0,50 a	2,00 \pm 0,00 a
Grado color de grasa cobertura	1,33 \pm 0,50 a*	2,00 \pm 0,00 b*
Longitud de la canal, cm	149,00 \pm 6,26 a	149,11 \pm 4,46 a
Circunferencia estándar de pierna, cm	68,22 \pm 7,66 a	61,83 \pm 8,21 a
Circunferencia de pierna en la parte más ancha, cm	100,67 \pm 5,45 a	104,06 \pm 1,70 a
Profundidad del costillar, cm	70,44 \pm 6,31 a*	80,11 \pm 3,72 b*
Circunferencia antebrazo, cm	37,00 \pm 1,80 a*	40,17 \pm 1,30 b*
Area del ojo del lomo, cm ²	94,00 \pm 13,15 a*	75,44 \pm 11,96 b*
Peso del cuero, kg	31,28 \pm 4,09 a*	38,16 \pm 3,81 b*

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

Al conjugar la profundidad del costillar, la circunferencia de la pierna, la longitud de la canal y el área del ojo del lomo que se presentan en el Cuadro 18., se observa que la conformación de las novillas de Cañas tiende a tener aspecto de barril en el mismo largo de la canal. Esto no significa que tenga mayor cantidad de cortes de importancia económica, sino que la distribución del peso está determinada por el tamaño del rumen, el cual se ha adaptado para digerir forrajes más toscos y probablemente con menores tasas de pasaje que los tradicionales de la zona de San Carlos.

V.3.2. Rendimiento del deshuese

Del comentario anterior se derivan los datos que se presentan en el Cuadro 19. Los animales de San Carlos rinden más su peso en kilos de carne ($P < 0,05$), aunque eso no significa una mayor proporción de cortes finos (lomito, lomo, lomo de aguja y cola de lomo), sino que los cortes de segunda ($P < 0,0001$) y los industriales ($P < 0,05$) adquieren mayor relevancia y para ello se sacrifica peso de cortes de primera ($P < 0,0001$).

Cuadro 19. Valores promedio (\pm DE) de las variables que miden el rendimiento del deshuese del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.

Variable	San Carlos (n=9)	Cañas (n=9)
Total de carne deshuesada, kg	148,01 \pm 18,10 a	153,41 \pm 6,69 a
Rendimiento de carne, %	78,21 \pm 0,88 a*	75,78 \pm 1,32 b*
Rendimiento de cortes finos, %	7,84 \pm 0,37 a	7,64 \pm 0,55 a
Rendimiento de cortes primera, %	18,98 \pm 0,70 a**	22,58 \pm 0,50 b**
Rendimiento de cortes segunda, %	20,07 \pm 0,46 a**	16,79 \pm 0,86 b**
Rendimiento carne industrial, %	31,32 \pm 1,16 a*	28,77 \pm 1,43 b*
Proporción de rabo, %	0,6211 \pm 0,08 a	0,62 \pm 0,10 a
Proporción de huesos, %	19,74 \pm 1,10 a	20,49 \pm 1,28 a
Proporción de sebo, %	1,43 \pm 0,44 a**	3,11 \pm 0,44 b**
Relación carne : sebo, kg	59,04 \pm 16,28 a**	24,79 \pm 3,62 b**
Relación carne : hueso, kg	3,97 \pm 0,26 a	3,71 \pm 0,28 a
Relación hueso : sebo, kg	15,06 \pm 4,84 a**	6,69 \pm 0,95 b**

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$)

V.3.3. Características organolépticas

A pesar de que se utilizan grupos homogéneos en tamaño, edad y sexo para comparar los animales de San Carlos con los de Cañas, existe una variable importante que se alteró durante la etapa experimental y debe ser tomada en cuenta. Para los efectos de este estudio, el efecto de procedencia de las novillas podría estar confundido con el sistema de aturdimiento utilizado para el sacrificio. Este hecho podría incidir sobre la suavidad de la carne y no tanto sobre las características de la canal y de rendimiento al deshuese.

Cuadro 20. Valores promedio (\pm DE) de las características organolépticas de la carne del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.

Variable	San Carlos (n=9)	Cañas (n=9)
Color del lomo, L*	25,48 \pm 1,53 a	26,76 \pm 1,33 a
Color del lomo, a*	10,23 \pm 1,28 a	10,48 \pm 0,67 a
Color del lomo, b*	5,92 \pm 0,77 a	6,42 \pm 0,41 a
Color del lomo, croma	11,88 \pm 0,86 a	12,29 \pm 0,70 a
Color del lomo, hue	30,33 \pm 6,05 a	31,52 \pm 1,68 a
FCWB lomo, kg/cm ²	2,75 \pm 0,37 a	2,99 \pm 0,45 a
FCWB lomito, kg/cm ²	2,49 \pm 0,37 a	2,88 \pm 0,59 a
FCWB vuelta de lomo, kg/cm ²	2,59 \pm 0,36 a	2,88 \pm 0,71 a
FCWB posta de cuarto, kg/cm ²	3,35 \pm 0,42 a	3,38 \pm 0,58 a
FCWB solomo, kg/cm ²	3,71 \pm 1,02 a	3,98 \pm 0,97 a
FCWB posta de paleta, kg/cm ²	2,90 \pm 0,70 a	3,06 \pm 0,57 a
FCWB promedio, kg/cm ²	2,96 \pm 0,35 a	3,20 \pm 0,50 a
Coefficiente de variación para la FCWB en cada bistec, %	17,31 \pm 1,87 a	19,02 \pm 4,17 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). FCWB: Fuerza de corte Warner-Bratzler.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 20. muestran una tendencia de los animales de Cañas a producir carne más clara y ligeramente más dura que los de San Carlos. La resistencia al corte de este último grupo puede ser ligeramente inferior a la del otro grupo, debido principalmente al método de aturdimiento. El aturdidor eléctrico provoca que los músculos se relajen rápidamente, producto de una aceleración de las reacciones de glicólisis (Lawrie, 1991), e incluso hace que los sarcómeros no se acorten durante el *rigor mortis*, pues la energía ha sido agotada con el estímulo eléctrico (Chaves, 2002¹).

V.3.4. Pérdidas de humedad y pH

La pérdida de peso de la carne debida a la liberación de agua cuando se descongela resulta superior en algunos cortes de los animales provenientes de Cañas ($P < 0,05$), tal como se muestra en el Cuadro 21. Este factor podría asociarse a que la capacidad de retención de agua es menor, de ahí que exude más, en aquellos animales cuyo pH ha tenido una caída *post mortem* más violenta, debido principalmente a que ocurre mayor desnaturalización de las proteínas que retienen el agua (Lawrie, 1991), o bien a la disrupción de los sarcómeros por efecto del estímulo eléctrico.

Algunos autores han reportado que tanto en la carne de res como en el cerdo, el lomo posee menor capacidad de retención de agua que el lomito incluso cuando la curva de pH sea la misma. Esto sugiere que ambos músculos se constituyen de distintos tipos de proteínas (Hamm, 1960; Howard *et al.*, 1960; citados por Lawrie, 1991). Lo anterior confirma los resultados presentados en el Cuadro 21.

¹ Chaves, Julio. Comunicación personal. Escuela de Zootecnia, Universidad de Costa Rica

Cuadro 21. Valores promedio (\pm DE) de la merma de peso por pérdida de humedad de la carne del grupo de hembras de 2 dientes permanentes, con respecto al lugar de procedencia.

Variable	San Carlos (n=9)	Cañas (n=9)
MD del lomo, %	3,93 \pm 2,44 a	6,13 \pm 3,45 a
MD del lomito, %	2,07 \pm 2,24 a*	7,84 \pm 6,41 b*
MD del vuelta de lomo, %	4,45 \pm 2,80 a	7,53 \pm 3,75 a
MD del posta de cuarto, %	2,98 \pm 2,44 a*	8,89 \pm 5,52 b*
MD del solomo, %	3,68 \pm 2,48 a*	7,83 \pm 2,29 b*
MD del posta de paleta, %	5,11 \pm 6,19 a	7,61 \pm 3,19 a
MD promedio de los cortes, %	3,70 \pm 1,75 a*	7,64 \pm 2,68 b*
pH 1 hora <i>post mortem</i>	5,82 \pm 0,10 a*	6,03 \pm 0,14 b*
pH 3 horas <i>post mortem</i>	6,07 \pm 0,19 a	6,02 \pm 0,09 a
pH 6 horas <i>post mortem</i>	6,14 \pm 0,20 a	5,99 \pm 0,14 a
pH 12 horas <i>post mortem</i>	5,94 \pm 0,12 a**	5,64 \pm 0,08 b**
pH 24 horas <i>post mortem</i>	5,26 \pm 0,06 a**	4,67 \pm 0,15 b**
pH 48 horas <i>post mortem</i>	5,21 \pm 0,16 a	5,25 \pm 0,08 a
pH 72 horas <i>post mortem</i>	5,29 \pm 0,22 a	5,29 \pm 0,10 a

a,b: Valores con letras distintas en una misma fila indican: * diferencia significativa ($P < 0,05$), o ** altamente significativa ($P < 0,0001$). MD: Merma de peso por descongelación.

V.4. Análisis del color del lomo a 24 horas *post mortem*

La diferencia que se obtiene de los valores de luminosidad (L^*) y cromatisidad (C^*) entre el color objetivo y la muestra establece si el color de la misma es más pálido, vivo, profundo u oscuro que el patrón deseado (Castillo, 2000). Si se acepta que el patrón sea el “rojo cereza brillante”, el cual se define por los siguientes parámetros: $L^* = 35,70$; $a^* = 19,90$; $b^* = 7,50$; entonces se

podría graficar en un plano cartesiano los puntos definidos por cada muestra con respecto del punto con coordenadas (0,0) del patrón, tal como se muestra en la Figura 4.

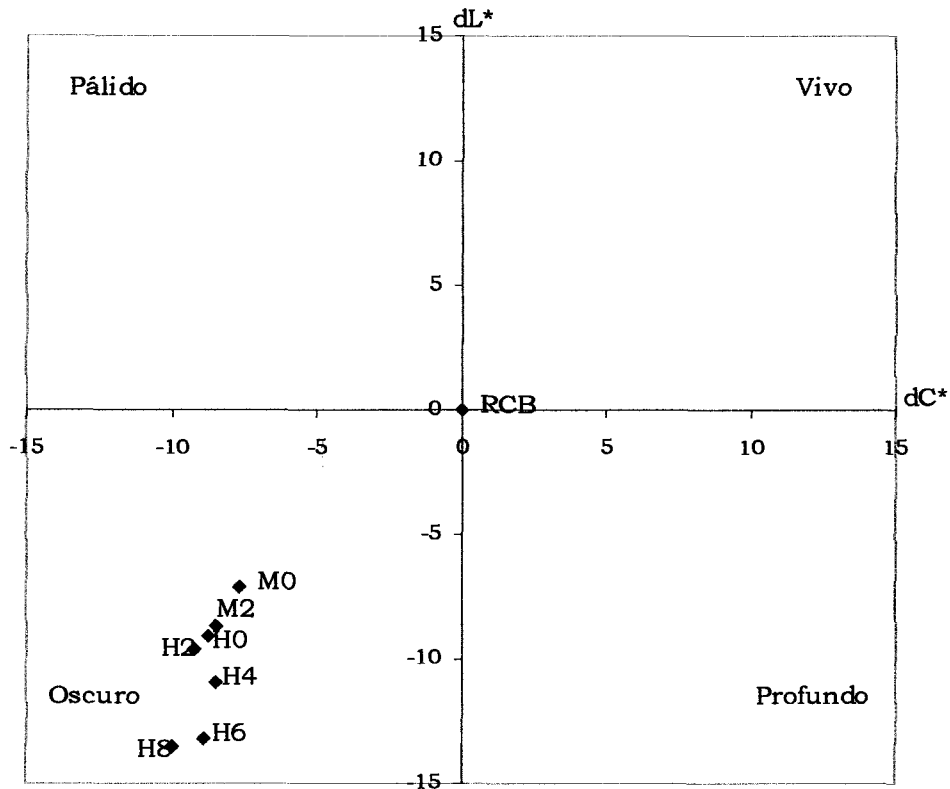


Figura 4. Cambio en la cromaticidad (dC^*) del lomo según el cambio en la luminosidad (dL^*) comparados con el valor del patrón (RCB) por grupos de edad (0 a 8 dientes) y sexo (M y H)

De acuerdo con la Figura 4., la carne de todos los animales analizados en este estudio se catalogan como carnes oscuras según el sistema de clasificación estadounidense. Esta situación se puede asociar al grupo racial, al tipo de alimentación y al nivel de estrés durante el proceso de sacrificio.

Wulf *et al.* (1997) reportan valores de L^* mayores y valores de $croma^*$ menores para animales *Bos taurus* con respecto a los *Bos indicus*. Sin embargo, aún los valores reportados para los cebuinos que ellos analizaron son catalogados como vivos, lo cual da pie a suponer que el factor racial influye levemente sobre el color de la carne.

Por otro lado, la alimentación a base de granos de alto contenido energético genera carne más engrasada, mientras que los animales producidos a base de forrajes presentan canales con menos marmoleo y por ende de color muscular más oscuro (Huerta, 2000a).

El tercer factor asociado al color final del lomo consiste en el estrés del animal previo a su muerte (Chaves, 2002). Voisinet *et al.* (1997), citados por Huerta, 2001a), confirman esta aseveración al demostrar que los animales acebuados nerviosos no sólo muestran tener un ritmo de crecimiento menor, sino que son proclives a producir carnes más duras y oscuras. Tal como lo sugieren estos autores, seleccionar el ganado por temperamento y manejar el animal con buen trato y en instalaciones adecuadas parece adquirir cada vez mayor importancia para mejorar la palatabilidad de la carne.

El mayor problema de la carne oscura radica en el rechazo del consumidor en los mercados de exportación. Ellos asocian el color de la carne con carne de mala calidad por provenir de ganado viejo, duro, de mal sabor y rápida descomposición. A pesar de que la carne oscura posee menor calidad en términos de sabor y vida de anaquel –porque propicia el crecimiento bacterial– por lo general resulta con mejor suavidad y jugosidad que la carne de colores vivos que se produce en otras latitudes (Dikeman, 1998).

V.5. Curvas de pH

El pH del músculo *post mortem* está determinado por la cantidad de ácido láctico que se produce a partir de glucógeno durante el proceso de glicólisis anaerobia, el cual se puede restringir si el glucógeno se agota por la fatiga, la inanición o el estrés del animal previo a su sacrificio (Lawrie, 1991). En estos casos el pH de la carne no desciende lo suficientemente rápido, no se agotan las reservas de glucógeno rápidamente y se da cabida a la contracción muscular durante el *rigor mortis*, por ende la carne resulta ligeramente más dura. La Figura 5. muestra la situación comentada anteriormente, en la cual la carne de

las hembras presenta una caída más pronunciada del pH y de acuerdo con el Cuadro 5., esta se refleja en mayor suavidad. Por otro lado, los machos presentan una curva de caída de pH más atenuada en el tiempo. Sin embargo, los pH finales a las 72 horas, fueron similares tanto para machos como para hembras de 0 a 2 dientes. Este detalle refuerza la necesidad de las mediciones de pH cerca del momento del sacrificio y su correlación con la suavidad, ya que independientemente del sexo y la edad, los animales llegaron a un pH final de 5,27; que está considerado como normal.

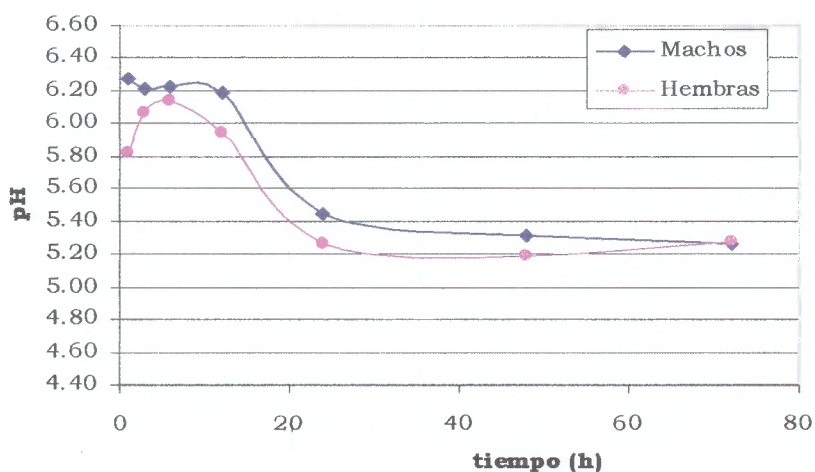


Figura 5. Comportamiento del pH del lomo en machos y hembras con cero y dos dientes permanentes a diferentes intervalos *post mortem*.

El pH inicial del músculo depende principalmente de la intensidad con que el animal lucha para evitar la muerte, es decir, el estrés que provoca el método de aturdimiento, mientras que el pH final está determinado por el nivel de alimentación y la reserva energética del animal justo después de la muerte (Bate-Smith y Bendall, 1949).

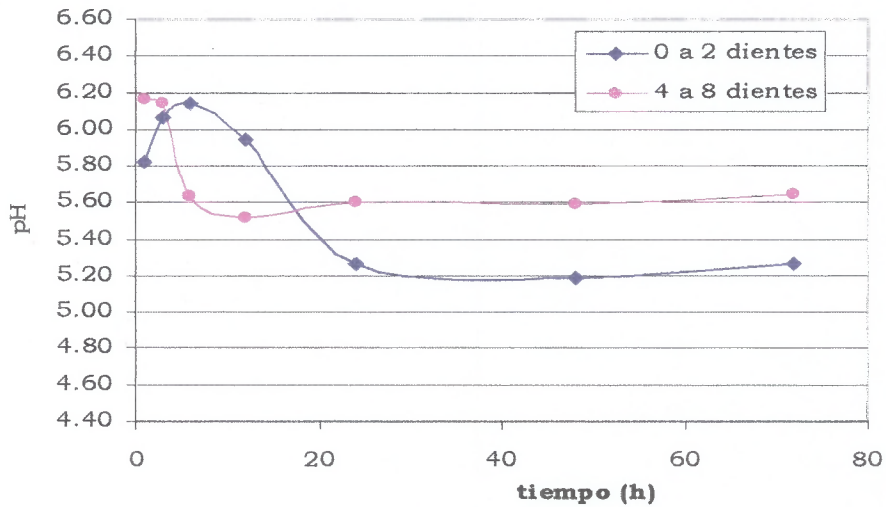


Figura 6. Comportamiento del pH del lomo en hembras por edad a diferentes intervalos *post mortem*

La Figura 7. muestra las diferencias de pH en novillas de 0 y 2 dientes, graficados por procedencia. Como se puede observar, los valores de las novillas de San Carlos presentan valores normales de pH en el tiempo. Las novillas de Cañas presentan un extraño valor de pH de 4,67 a las 24 horas, que se puede deber a error experimental debido al tamaño de la muestra.

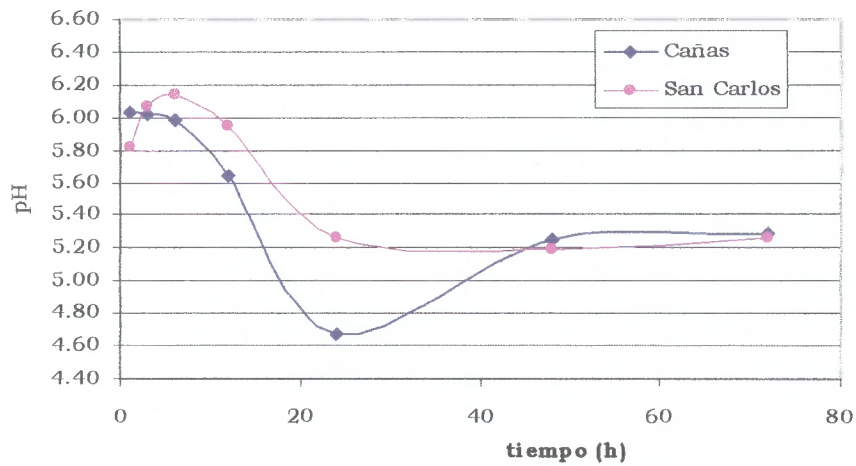


Figura 7. Comportamiento del pH del lomo en hembras con cero y dos dientes permanentes por procedencia a diferentes intervalos *post mortem*

Aparentemente los animales de San Carlos y de Cañas soportan un mismo estrés previo al sacrificio, pues la caída de la curva de pH es muy similar (con la excepción anotada con anterioridad).

V.6. Ecuaciones de predicción

A partir de la descripción de la canal y de la carne del ganado cebuino bajo condiciones de pastoreo que se ha planteado a lo largo de este estudio, se propone un sistema que permite evaluar objetivamente el valor comercial de la carne con el fin de mercadearla según su calidad.

En términos de suavidad, la variación de la carne que se coloca en el mercado se debe a una combinación de dos factores. Primero, la incapacidad de producir rutinariamente carne suave y segundo, la incapacidad de identificar las canales que producen carne dura y clasificarlas (Koochmaraie *et al.*, 1998).

Si se determinan cuales son las características marcadoras que se relacionan con el incremento en la suavidad, esta clasificación sería más rápida, simple y económica que el método directo de medirla en cada canal (Chase *et al.*, 1999). Algunos de los marcadores que se han usado en varios estudios (Koochmaraie *et al.*, 1994) comprenden el grado de marmoleo, la madurez de la canal (ósea y muscular), el grado de cobertura de grasa, el peso de la canal, el color de la carne y la textura de la misma.

En el presente estudio se han incorporado rasgos propios de la canal para predecir la suavidad a través de ecuaciones que valoran indicadores de calidad como la suavidad de la carne o el rendimiento de cortes al deshuese. Sin embargo, ciertas ecuaciones requieren conocer variables que no son cuantificables por simple observación o mediante sistemas sencillos y prácticos de medición, por lo tanto se van a denominar "ecuaciones precisas utilizando el laboratorio". Caso contrario son las ecuaciones que permiten predecir la calidad rápidamente a través de variables de fácil valoración.

V.6.1. Ecuaciones sencillas para aplicación rápida

El detalle de todas las ecuaciones de predicción obtenidas en el este estudio se muestra en el Anexo 3. A continuación se proponen aquellas que se consideran adecuadas porque requieren el mínimo número de variables para optimizar la precisión.

V.6.1.1 Ecuación 1 para animales jóvenes de San Carlos.

Para predecir el rendimiento porcentual de cortes de primera calidad (RPRIMER), se puede utilizar la siguiente ecuación que ignora el efecto del sexo y se aplica a aquellos animales provenientes de San Carlos con edad cronológica de 0 y 2 dientes permanentes.

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{RPRIMER} = & \mathbf{0,1387} & \text{Prob>F: } 0,0028 \\ & + \mathbf{0,1527 * (PCCAL/PV)} & 0,0445 \\ & + \mathbf{0,011 * COBGRAS} & 0,0003 \\ & - \mathbf{0,0015 * MANO} & 0,0004 \end{array}$$

En donde PCCAL significa peso de la canal caliente, PV es el peso vivo del animal, COBGRAS es el grado de cobertura de grasa de acuerdo con la escala de 1 a 3 mencionada en el Capítulo IV y MANO es la circunferencia del antebrazo. La probabilidad de conocer acertadamente el rendimiento de cortes de primera es de un 78,22% y el nivel de significancia del modelo es 0,0001.

V.6.1.2 Ecuación 2 para todas las hembras.

Para predecir la suavidad promedio del lomo (BSP), se puede utilizar la siguiente ecuación que ignora el efecto de la edad y la procedencia, es decir, es aplicable a todas las hembras, con excepción de aquellas con seis dientes permanentes.

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{BSP} = & - \mathbf{2,8372} & \text{Prob>F: } 0,0360 \\ & - \mathbf{0,4933 * COBGRAS} & 0,0001 \\ & + \mathbf{0,0631 * PANCHA} & 0,0001 \end{array}$$

En donde PANCHA significa circunferencia de la pierna en su parte más ancha. El coeficiente de determinación en este caso es de solamente el 55,75% y el nivel de significancia del modelo es 0,0001.

V.6.1.3 Ecuación 3 para las hembras jóvenes de San Carlos.

Para predecir el rendimiento porcentual de carne en la canal (RCARNE), se puede utilizar la siguiente ecuación que se aplica a las hembras provenientes de San Carlos con edad cronológica de 0 y 2 dientes permanentes.

RCARNE =	0,59	Prob>F:	0,0001
	+ (PV/15195)		0,0518
	+ 0,4923 * (PCCAL/PV)		0,0002
	+ 0,005 * COBGRAS		0,0056
	- 0,0112 * COLGRAS		0,0056
	- 0,0029 * MANO		0,0012

En donde COLGRAS significa el grado de color de la grasa de cobertura. El R² de esta ecuación es 99,59% y el nivel de significancia del modelo es 0,0009.

V.6.1.4 Ecuación 4 para las hembras jóvenes de San Carlos.

Para predecir el rendimiento porcentual de cortes de primera calidad (RPRIMER), se puede utilizar la siguiente ecuación que se aplica a las hembras provenientes de San Carlos con edad cronológica de 0 y 2 dientes permanentes.

RPRIMER =	0,2561	Prob>F:	0,0004
	+ PCCAL / 5509,6		0,0177
	+ 0,0087 * COBGRAS		0,0082
	- LCANAL / 2073		0,0527
	- PROF / 1564,2		0,0095

En donde LCANAL significa el largo de la canal en centímetros y PROF es la profundidad del costillar. El coeficiente de determinación es de 94,82% y el nivel de significancia del modelo es 0,0078.

V.6.2. Ecuaciones precisas utilizando el laboratorio

V.6.2.1 Ecuación 5 para todos los animales.

Para predecir la suavidad promedio de todos seis cortes mencionados en este estudio (SPROM), se puede utilizar la siguiente ecuación que ignora el efecto del sexo, la edad y la procedencia, es decir, es aplicable a todos los animales.

SPROM =	3,1497	Prob>F:	0,0021
	- 0,2806 * COBGRAS		0,0002
	- 0,0838 * ELE		0,0176
	+ 0,0268 * PANCHA		0,0041

En donde ELE significa el grado L* de color del lomo por el método HunterLAB. El R² de esta ecuación es de 38,12% y el nivel de significancia del modelo es 0,0001.

V.6.2.2 Ecuación 6 para los animales jóvenes de San Carlos.

Para predecir la suavidad promedio del lomo (ASP), se puede utilizar la siguiente ecuación que ignora el efecto del sexo y se aplica a aquellos animales provenientes de San Carlos con edad cronológica de 0 y 2 dientes permanentes.

ASP =	-16,417	Prob>F:	0,0142
	+ 1,0692 * PH6		0,0993
	+ 2,5335 * PH24		0,0347
	- COBGRAS / 2,79		0,2173

En donde PH6 y PH24 corresponden al pH del lomo medido 6 y 24 horas *post mortem*, respectivamente. La probabilidad de conocer la suavidad del lomo a través de esta ecuación es de 62,02% y el nivel de significancia del modelo es 0,0002.

V.6.2.3 Ecuaciones 7 y 8 para las hembras jóvenes de San Carlos.

Para predecir la suavidad promedio de todos seis cortes mencionados en este estudio (SPROM), se puede utilizar la siguiente ecuación que se aplica a las hembras provenientes de San Carlos con edad cronológica de 0 y 2 dientes.

SPROM =	4,9830	Prob>F:	0,1419
	- 2,1894 * PH3		0,0188
	+ 1,8354 * PH6		0,0309

En donde PH3 corresponde al pH del lomo medido 3 horas *post mortem*. El R² de esta ecuación es 63,91% y el nivel de significancia del modelo es 0,047.

Otra ecuación que permite predecir la suavidad promedio de todos seis cortes mencionados en este estudio (SPROM), con las mismas condiciones que la presentada anteriormente, se muestra a continuación.

SPROM =	3,056	Prob>F:	0,0850
	- 2,4211 * PH3		0,0019
	+ 2,4728 * PH6		0,0016
	+ 0,3714 * COLGRAS		0,0181
	+ 0,1540 * MUSC		0,1239
	- 0,0169 * AOL		0,0088

En donde MUSC significa el grado de cobertura muscular de la canal en la escala de 1 a 5 puntos y AOL es el área del ojo del lomo en centímetros cuadrados. El coeficiente de determinación es de 98,23% y el nivel de significancia del modelo es 0,0079.

V.6.2.4 Ecuación 9 para las hembras jóvenes de Cañas.

Para predecir la suavidad promedio del lomo (BSP), se puede utilizar la siguiente ecuación que se aplica a las hembras provenientes de Cañas con edad cronológica de 0 y 2 dientes permanentes.

$$\begin{array}{rcl} \mathbf{BSP} = & - \mathbf{34,918} & \text{Prob>F: } 0,0029 \\ & + \mathbf{3,838 * PH12} & 0,0132 \\ & + \mathbf{0,3666 * CROMA} & 0,0427 \\ & + \mathbf{0,1119 * PANCHA} & 0,1131 \end{array}$$

En donde PH12 corresponde al pH del lomo medido 3 horas *post mortem* y CROMA es la variable que mide la intensidad del color (C*) del lomo por el método HunterLAB, tal como se explica en el Capítulo IV. El R² de esta ecuación es 90,64% y el nivel de significancia del modelo es 0,0053.

Algunos estudios han logrado explicar hasta el 70% de la variación en suavidad utilizando mediciones de múltiples rasgos (Koohmaraie *et al.*, 1998). Sin embargo, a nivel comercial no resultó factible realizar todas las mediciones que ellos necesitaron para alcanzar la precisión estimada. Por esta razón, estos autores concluyen que las mediciones indirectas nunca van a ser lo suficientemente precisas para aplicarlas industrialmente y recomiendan emplear los métodos directos de medición de la suavidad.

VI. CONCLUSIONES

Una vez analizados los datos se concluye que, en condiciones similares a las experimentadas,

1. Con respecto al efecto de la edad y el sexo sobre las variables estudiadas:

- Los machos poseen una conformación corporal más grande en términos de peso vivo y de las dimensiones de la canal con respecto a las hembras de la misma edad dentaria.
- El sexo del animal no ejerce un efecto significativo sobre el área del ojo del lomo.
- Los machos deponen más músculo y menos grasa en el mismo tiempo que las hembras.
- El rendimiento del deshuese varía según el sexo puesto que las hembras poseen mayor proporción de cortes finos y menor de cortes de segunda, aunque el rendimiento de hueso no varía con respecto al de los machos.
- El rendimiento del deshuese también depende de la edad, pues conforme las hembras alcanzan 4 a 8 dientes permanentes, aumenta la proporción de sebo, hueso, cortes de segunda e industriales.
- Las hembras proveen carne más suave y con menor variación en la textura en cada bistec que los machos.
- El efecto de la edad sobre la suavidad de la mayoría de los cortes no es significativo.
- La pérdida de humedad de la carne de machos es mayor que la de hembras coetáneas, lo cual podría estar relacionado con la suavidad.
- El sexo, la edad y la procedencia no ejercen un efecto significativo sobre la composición de grasa intramuscular y proteína de la carne.
- Los animales de mayor edad poseen menores rendimientos de la canal.

- Las vacas viejas (4 a 8 dientes) poseen grasa de cobertura más amarilla que las vacas jóvenes, aunque esto no implica una mayor proporción de sebo al deshuese ni mayor contenido de grasa intramuscular.
 - A medida que los animales avanzan en edad, el lomo se torna de un color más intenso y oscuro.
 - En comparación con los estándares de color estadounidenses, el ganado cebuino bajo pastoreo que se sacrifica en el país produce carnes oscuras.
2. El lugar de procedencia no produce efecto significativo sobre las características de calidad sensorial de la carne, aunque sí se refleja sobre el peso vivo, el rendimiento de la canal fría con respecto al peso vivo, la profundidad del costillar, el rendimiento de carne de la canal y la merma de peso por descongelación, la cual representa un 4% más para la carne proveniente de Cañas que la de San Carlos.
 3. Existe correlación positiva entre las mediciones de pH próximas al sacrificio y la suavidad de la carne, sin embargo, la medición que menos se correlaciona es el pH a 3 horas *post mortem*, tanto para la comparación por sexo como por edad.
 4. Con respecto a la correlación entre variables:
 - Los animales jóvenes con poca grasa de cobertura poseen carne más dura que los que poseen mayor cobertura.
 - Del rendimiento del deshuese, los cortes de segunda son los que se correlacionan con mayor cantidad de dimensiones de las canales jóvenes, no así para las hembras, donde predomina la influencia de la proporción de sebo.
 5. No se considera necesario medir el pH a 48 y 72 horas *post mortem*, pues independientemente de las condiciones a las que se ha sometido el animal y a sus características intrínsecas, para ese momento ya ha alcanzado un equilibrio.

VII. RECOMENDACIONES

La clasificación de canales se hace posible cuando existe una base de datos lo suficientemente amplia como para predecir las características de calidad de todos los grupos de animales por edad, sexo y procedencia.

Con el fin de obtener la información que permita caracterizar la carne que se produce en todo el país para lograr clasificarla, se recomienda

- a) realizar este mismo estudio con animales de distintas zonas del país para describirlos según las condiciones ambientales y zootécnicas a las que han sido sometidos,
- b) incrementar el número de fincas por zona con el fin de conocer la realidad general de la zona y no únicamente la de una finca en particular,
- c) aumentar el número de animales de todas las edades distribuidos en grupos balanceados para obtener mayores niveles de confianza,
- d) excluir algunas variables que elevan el costo del estudio y no correlacionan de forma significativa con las características de calidad, tal es el caso del pH a 48 y 72 horas *post mortem* y el contenido de humedad, grasa intramuscular y proteína de la carne.

VIII. LITERATURA CITADA

- ACUÑA, M.L. 1995. El proceso de sacrificio y beneficio de bovinos en el Matadero de Coopemontecillos R.L. Práctica dirigida de Licenciatura en Zootecnia. UCR.
- BATE-SMITH, E.C.; BENDALL, J.R. 1949. Factors determining the time course of *rigor mortis*. *Journal of Physiology*. 110, 47-65.
- BELK, KE; GEORGE, MH; TATUM, JD; HILTON, GG; MILLER, RK; KOOHARAIE, M; REAGAN, JO; SMITH, GC. 2001. Evaluation of the Tendertec beef grading instrument to predict the tenderness of steaks from beef carcasses. En Abstract. *Journal of Animal Science*. 79: 3, 688-697.
- BODO, I; SZABO, F; TOZSER, J; KOMLOSI, I. 2000. Breeds, types, modern breeding systems and estimation of breeding value in beef cattle industry. Beef production in Hungary before joining the European Union. Scientific Conference at the Hungarian Academy of Science. En Abstract.
- BRETHOUR, JR. 2000. Using receiver operating characteristic analysis to evaluate the accuracy in predicting future quality grade from ultrasound marbling estimates on beef calves. En Abstract. *Journal of Animal Science*. 78: 9, 2263-2268.
- BRINKS, J; CLARK, R; KIEFFER, M. Y URICK, J. 1964. Predicting whole sale cuts of beef from linear measurements obtained by photogrammetry. *Journal of Animal Science*. 23:365-370.
- BRUCE, H. Y BALL, R. 1990. Postmortem interactions of muscle temperature, pH and extension on beef quality. *Journal of Animal Science*. 68:4167-4175.

- CANNELL, R.Q. 1970. Producción y comercialización de ganado vacuno. Editorial Acribia. España.
- CANNELL, R.C.; TATUM, J.D.; BELK, K.E.; WISE, J.W.; CLAYTON, R.P.; SMITH, G.C. 1999. Dual-component video image analysis system (VIASCAN) as a predictor of beef carcass red meat yield percentage and for augmenting application or USDA yield grades. *Journal of Animal Sciences*. 77: 2942-2950.
- CARVAJAL, G. 2000. Efecto del grupo racial sobre el rendimiento de la canal, parámetros de valor nutricional y suavidad de carne de animales *Bos indicus* y *Bos indicus* X *Bos taurus* en un sistema de pastoreo. Tesis de Licenciatura en Zootecnia, UCR. Costa Rica.
- CASTRO DIAZ, L. 2001. Sistema de clasificación y tipificación de carne vacuna – INACUR, La experiencia de Uruguay. Charla presentada en el I Simposio Requisitos de calidad de canal y de la carne bovina para su comercialización. KSU-UCR-ITCR-CORFOGA. Costa Rica.
- CASTILLO, I.G. 2000. Vitamina E y calidad de carne. Grupo Roche Syntex de México S.A. de CV.
- CHACÓN V., A. 2000. Estudio de la maduración, la inyección de cloruro de calcio, la cocción y el congelamiento como fundamentos de un proceso para el mejoramiento de la suavidad del solomo. Proyecto de graduación para optar por Licenciatura en Tecnología de Alimentos, UCR. Costa Rica.
- CHASE, C.; HAMMOND, A.; OLSON, T.; WEST, R.; JOHNSON, D. 1999. Searching for tender Brahman sires. *Bullish on quality beef*. Florida beef cattle short course. pp 17-24.
- CORFOGA. Censo Bovino Nacional 2000-2001.

- DEBRECENI, S; KELETI, E; VILLANYI, L; BOLCSKEY, K. 2000. Beef quality and requirements by quality assurance in beef production. *Allattenyesztes-es-Takarmanyozas. Hungria.* 49: 6, 543-553. En Abstract.
- DIKEMAN, M.E. 1998. Dark-Cutting Beef. *Beef Facts: Meat Science.* National Cattlemen's Beef Association. Series No. FS/MS 007.
- DONKERSGOED, J; JEWISON, G; BYGROVE, S; GILLIS, K; MALCHOW, D; MCLEOD, G. 2001. Canadian beef quality audit 1998-99. *Canadian Veterinary Journal.* 42: 2, 121-126. En Abstract.
- EILERS, J.; TATUM, J.; MORGAN, J. Y SMITH, G. 1996. Modification of early-postmortem muscle pH and use of portmortem aging to improve beef tenderness. *Journal of Animal Science.* 74:790-798.
- FIEMS, LO; CAMPENEERE, S DE; SMET, S DE; VOORDE, G VAN DE; VANACKER, JM; BOUCQUE, CV; DE CAMPENEERE, S; DE SMET, S; VAN DE VOORDE, G. 2000. Relationship between fat depots in carcasses of beef bulls and effect on meat colour and tenderness. *Meat-Science.* 56: 1, 41-47. En Abstract.
- FIGUEROA RUIZ, M. 1996. Estudio de rendimientos industriales de la carne de res. Cuotas de producción comprendidas del año 1981 a 1995. *Ganadera industrial S.A. Costa Rica.*
- FRENCH, P; O'RIORDAN, E; MONAHAN, F; CAFFREY, P; MOONEY, M; TROY, D; MOLONEY, A. 2001. The eating quality of meat of steers fed grass and/or concentrates. *Meat Science.* 57: 4, 379-386. En Abstract.
- GANONG, W. 1998. *Fisiología médica.* 16°ed. Edit. El Manual Moderno. México.
- HASSEN, A; WILSON, DE; AMIN, VR; ROUSE, GH; HAYS, CL. 2001. Predicting percentage of intramuscular fat using two types of real-time ultrasound equipment. *Journal of Animal Science.* 79: 1, 11-18.

- HODGSON, K; BELK, J; SAVELL, H; CROSS, R; WILLIAMS, L. 1992. Development of a Multivariate Yield Grade Equation to Predict Compositional Traits in Mature Cow Carcasses. *Journal of Animal Science*. 70:2159-2166
- HUERTA-LEIDENZ, N. 2001 a. Caracterización de ganado y carne bovina como base científica de la clasificación de canales en el trópico americano. Trabajo presentado en el I Simposio Requisitos de calidad de canal y de la carne bovina para su comercialización. KSU-UCR-ITCR-CORFOGA. C. R.
- HUERTA-LEIDENZ, N. 2001 b. Experiencia venezolana en la implantación de sistemas de clasificación de ganado y canales bovinas. Trabajo presentado en el I Simposio Requisitos de calidad de canal y de la carne bovina para su comercialización. KSU-UCR-ITCR-CORFOGA. Costa Rica.
- HUERTA-LEIDENZ, N; RODAS-GONZÁLEZ, A.R.; ATENCIO-VALLADARES, O. 2001. Sistemas de clasificación de canales por rendimiento en carnicería. Trabajo presentado en el I Simposio Requisitos de calidad de canal y de la carne bovina para su comercialización. KSU-UCR-ITCR-CORFOGA. C. R.
- HUFF-LONERGAN, E; PARRISH, F; ROBSON, R. 1995. Effects of Postmortem Aging Time, Animal Age, and Sex on Degradation of Titin and Nebulin in Bovine Longissimus Muscle. *Journal of Animal Science*. 73:1064-1073.
- HUFFMAN, K.L; MILLER, M.F; HOOVER, L.C; WU, C.K; BRITTIN, H.C. Y RAMSEY, C.B. 1996. Effect of Beef Tenderness on Consumer Satisfaction with Steaks Consumed in the Home and Restaurant. *Journal of Animal Science*. 74:91-97
- HUNT, M.C.; ACTON, J.C; BENEDICT, R.C; CALKINS, C.R; CORNFORTH, D.P; JEREMIAH, L.E; OLSON, D.G; SALM, C.P; SAVELL, J.W; SHIVAS, S.D. 1992. Guidelines for Meat Color Evaluation. *American Meat Science*

Association Committee on Guidelines for Meat Color Evaluation. Published by National Live Stock and Meat Board, Chicago. EE.UU.

JONES, B.K; TATUM, J.D. 1994. Predictors of beef tenderness among carcasses produced under comercial conditions. Journal of Animal Science. 72:1492

KIRTON, A.H. 1963. Assessment of Body Composition in the Live Animal. Journal of Animal Science, 22:169-178.

KOOHMARAIE, M; WHEELER, T. Y SHACKELFORD, S.D. 1994. Beef Tenderness: Regulation and Prediction. Presented at "Beef Vanguard 94" Int'l Congress. Buenos Aires.

KOOHMARAIE, M; WHEELER, T. Y SHACKELFORD, S.D. 1998. The Importance and Value of Tenderness. Presented at 1998 Int'l Livestock Congress. Houston, Texas.

LAWRENCE, T.E.; WHATLEY, J.D; MONTGOMERY, T.H. Y PERINO, L.J. 1997. A comparison of the USDA ossification based maturity system to a system based on dentition. Division of Agriculture, West Texas A&M University.

LAWRIE, R.A. 1991. Meat Science. 5th ed. Pergamon Press. Gran Bretaña.

MOLONEY, AP; KEANE, MG; MOONEY, MT; TROY, DJ; PULLAR, D. 2000. Modification of a 2 year-old steer beef production system: effects on eating quality of meat. Beef from grass and forage. Occasional Symposium No. 35 British Grassland Society. En Abstract.

MONTGOMERY, T.H.; DEW, P.F. Y KELLER, T.D. 1999. Comparación de sistemas de clasificación y gradificación de bovinos usados por algunas naciones seleccionadas productoras y consumidoras de carne de res. VIII Congreso Internacional de Nutrición Animal. West Texas A&M University.

- MUIR, PD; SMITH, NB; DOBBIE, PM; SMITH, DR; BOWN, MD. 2001. Effects of growth pathway on beef quality in 18-month-old Angus and South Devon x Angus pasture-fed steers. *Journal of Animal Science*. 72: 2, 297-308
- PAGE, JK; WULF, DM; SCHWOTZER, TR. 2001. A survey of beef muscle color and pH. *Journal of Animal Science*. 79: 3, 678-687. En Abstract.
- FIGURINA, G. 2001. Producción de carne vacuna en Uruguay. Trabajo presentado en el curso "Requisitos de calidad de la canal y de la carne de rumiantes para su comercialización". INIA. España.
- RÜBENSAM OURIQUE, J.M. 199?. Maciez da carne bovina. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, Brasil.
- SAPP, PH; WILLIAMS, SE; MCCANN, MA. 1999. Sensory attributes and retail display characteristics of pasture- and/or grain-fed beef aged 7, 14 or 21 days. *Journal of Food Quality*. 22: 3, 257-274. En Abstract.
- SHACKELFORD, S.D., KOOHMARAIE, M. Y WHEELER, T.L. 1995. Effects of slaughter age on meat tenderness and USDA carcass maturity scores of beef females. *Journal of Animal Sciences*. 73: 3304-3309.
- STIFFLER, D.M.; GRIFFIN, C.L.; SMITH, G.C.; LUNT, D.K.; SAVELL, J.W. 1986. Effects of Electrical Stimulation on Carcass Quality and Meat Palatability Traits of Charolais Crossbred Bulls and Steers. *Journal of Food Science*. 51: 4, 883-885.
- SZABO, F; LENGYEL, Z; WAGENHOFFER, Z; DOHY, J. 2000. Population genetic parameters of beef cattle. 1st paper: Heritability values of the most important traits. *Allattenyesztes-es-Takarmanyozas*. Hungría, 49: 3, 193-205. En Abstract.
- TATUM, J.D.; BELK, K.E.; GEORGE, M.H.; SMITH, G.C. 1999. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef

tenderness problems: development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. *Journal of Animal Sciences*. 77: 2112-2118.

VOISINET, B.D; GRANDIN, T; O'CONNORS, S.F; TATUM, J.D. Y STRUTHERS, J.J. 1997. Feedlot cattle with calm temperaments have higher average daily gains than cattle with excitable temperaments. *Journal of Animal Science*. 75: 892-896.

WHEELER, T.L; CUNDIFF, L.V; KOCH, R.M; CROUSE, J.D. 1996. Characterization of Biological Types of Cattle (Cycle IV): Carcass Traits and Longissimus Palatability. *Journal of Animal Science*. 74: 1023-1035.

WHIPPLE, G; KOOHMARAIE, M; DIKEMAN, M; CROUSE, J; HUNT, M; KLEMM, R. 1990. Evaluation of Attributes that Affect Longissimus Muscle Tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* Cattle. *Journal of Animal Science*. 68:2716-2728.

WULF, D.; O'CONNOR, S.; TATUM, J. Y SMITH, G. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal of Animal Science*. 75:684-692.

WULF D; PAGE JK. 2000. Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standards and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science*. 78: 10, 2595-2607

ANEXOS

Anexo 6. Edad de erupción de los dientes permanentes en la cavidad oral (meses).

Autor (es)	Tipo de ganado	Primer		Segundo		Tercer		Cuarto	
		Par		Par		Par		Par	
		Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE	Promedio	DE
Andrews (1973)	Carne & Lechero	23.0	2.7	26.4	0.3	37.9	2.0	44.6	3.8
Andrews (1974)	Lechero	22.7	1.8	27.6	2.2	34.6	2.8	42.8	4.4
Andrews (1975)	Carne & Lechero	22.5	2.3	27.5	2.5	36.8	3.1	44.2	5.0
Brooks & Hodges (1979)	Carne & Lechero	23.2	1.4	29.5	1.8	37.0	1.8	40.7	--
Brown et al. (1960)	Lechero	23.0	1.0	29.8	1.0	36.0	2.0	42.7	2.0
Brown et al. (1960)	Carne	23.0	--	30.6	--	35.3	2.0	41.0	2.0
Carles & Lampkin (1977)	Cebu (Boran)	24.3	2.0	30.4	2.7	36.3	3.2	43.3	3.7
Dodt & O'Rourke (1988)	Shorthorn	23.9	--	30.2	--	37.4	--	45.9	--
Dodt & O'Rourke (1988)	Brahman X British	25.5	--	32.7	--	40.8	--	50.0	--
England (1984)	Hereford & Brahman	23.0	--	30.0	--	36.0	--	43.0	--
Graham & Price (1982)	Carne	24.1	0.7	32.1	2.5	40.1	4.3	49.7	5.6
Lall (1948)	Indian	27.0	--	36.0	--	48.0	--	57.0	--
Steenkamp (1970)	Hereford & African	26.1	--	32.9	--	41.2	--	48.1	--
Tulloh(1962)	British	23.2	--	--	--	--	--	--	--
Weiner & Donald (1955)	Lechero	23.2	1.8	29.3	1.9	34.9	2.9	41.6	3.3
Weiner & Forster (1982)	Lechero	23.4	1.5	30.4	2.1	37.2	2.7	44.3	3.3
	Media aritmética	23.8		30.4		38.0		45.3	

THE GUIDELINES FOR COOKING PROCEDURES

1. PHYSICAL STATE OF THE CUT PRIOR TO COOKING

Whenever possible, samples should be evaluated fresh to avoid introducing spurious variation due to freezing and thawing rates and length of frozen storage. Samples should be vacuum packaged in oxygen-impermeable film to avoid desiccation and oxidation. Internal temperature of the sample at the initiation of cooking can affect tenderness (Berry and Leddy, 1990). Likewise if the temperature is $< 2^{\circ}\text{C}$, the cut is prone to surface charring. In any case, record the internal temperature just prior to placing in the cooking environment.

It is permissible to cook ground beef patties fresh, frozen or thawed depending on the objectives of the experiment. While foodservice frequently cooks patties from the frozen state, consumers usually cook patties from the fresh (never frozen) or thawed state. Whatever physical state is selected, it is important to know the myoglobin state in the interior of the patty at the time of cooking, if cooked internal patty color is important.

- a. Thaw steaks, chops, and patties (wrapped) at $2-5^{\circ}\text{C}$ until internal temperature reaches $2-5^{\circ}\text{C}$ (24 hours may be necessary depending on sample size).
- b. Thaw roasts (wrapped) at $2-5^{\circ}\text{C}$ for 48-72 hours or until the internal temperature reaches $2-5^{\circ}\text{C}$.
- c. Purge from thawing should be collected and weighed in the determination of weight loss from the frozen to the cooked state.

2. METHODS FOR MONITORING TEMPERATURE CHANGES

- a. Only thermocouples connected to recorders or hand-held digital read-out thermocouple thermometers should be used.
- b. Infrared temperature measuring guns may be used to monitor the surface temperature of cuts during cooking or to rapidly scan a cut surface immediately after cutting.

- c. Use iron/constantan or copper/constantan thermocouple wires with a diameter < 0.05 cm and special limits of error of $< 2^{\circ}\text{C}$.
- d. Use multi-channel recorders with rapid readout and movement between channels when procedures necessitate several cuts being cooked at one time.
- e. Do not use thermocouples placed inside metal sheaths since they conduct heat into the meat and give atypical readings of internal temperature.
- f. Use a metal probe, such as a sealed-end 16-gauge spinal needle to insert the thermocouple into the geometric center of the steak, chop or roast. First, insert probe (needle) containing thermocouple through a small section of meat on the end of the cut, before insertion into the center of cut. This helps hold thermocouple in place while turning sample during cooking or shutting oven doors. In the case of steaks and chops, with the product laying on a flat surface, insert the probe into the side of the meat and push completely through the cut. Remove the probe from the end of the thermocouple and then pull the thermocouple back into the center of the meat (Figure 2).
- g. The end of the thermocouple should not be touching bone or fat.
- h. For beef patties, follow the FSIS instructions (1993) for verifying internal temperature of meat patties. Either a probe-type thermocouple or a thermocouple in the tip of a hypodermic needle is used. Basically, the procedures are to insert the thermocouple into the edge of the patty during the last phases of cooking (Figure 3). Place the sensitive part of the thermocouple as close to the geometric center of the patty as possible. Do not help the thermocouple along by tapping the patty or wiggling the probe. Do not pick the patty up off the pan or griddle to insert the probe.

3. EVALUATING DEGREE OF DONENESS

- a. Use the color guides for cooked steak and ground beef patties.
- b. Evaluate color within 2-5 minutes of removal from heat source. For product intended for sensory panel evaluation, do not hold too long to evaluate internal color as temperature may undergo a substantial decrease before serving to the panel.

4. RECOMMENDED COOKING PROCEDURES

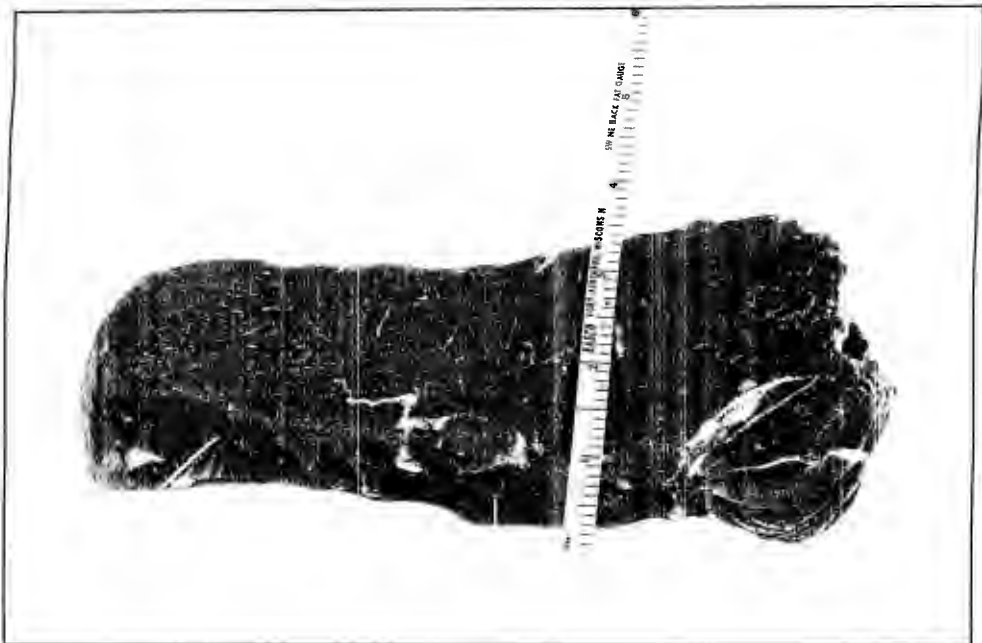
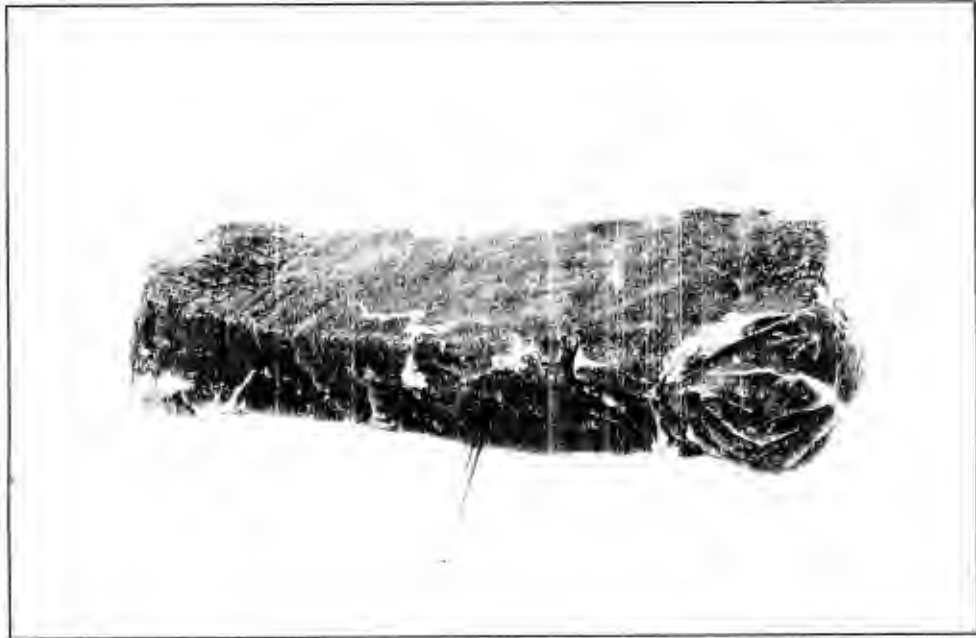
a. ROASTING

1. Roast meat at 163°C. Preheat oven to 163°C (higher, if necessary, to control temperature drop when the door is opened).
2. Take roast directly from refrigerator and record weight (Table 4, appendix). Place sample on rack in center of roasting pan.

3. Insert thermocouple into geometric center of meat. Record weight and internal temperature. Samples with the highest internal temperature should be cooked first (Table 4, appendix).
4. Place meat in center of oven.
5. Place another thermocouple near center of oven adjacent to the meat to record oven temperature.
6. If possible, place a minimum number of roasts in each oven. If the door is opened to remove another cut, the oven temperature may drop 15-30°C depending on the type of oven.
7. Roast to desired internal temperature: recommended degrees of doneness:
 - a. Beef 71°C
 - b. Lamb 71°C
 - c. Fresh Pork 71°C

Figure 2

PROCEDURES FOR INSERTING THERMOCOUPLES INTO INTACT MUSCLE CUTS



8. Control the oven temperature to within $\pm 5^{\circ}\text{C}$ with whatever means available. Some research ovens are insulated and equipped with devices to control the temperature to 2°C . Most household ovens do not have sensitive temperature controls and oven temperature should be constantly monitored. By use of the thermocouple in conjunction with oven thermostats and vents, the rise and fall of the oven temperature can be controlled.
 9. Remove the sample from the oven at a temperature (5°C) below desired temperature endpoint. Conduct preliminary studies to determine temperatures and times to remove roasts from oven to achieve desired post-cooking rise in temperature. Leave roasts on racks in pan during this time. Record the weights necessary to determine cooking losses (Table 4, appendix).
 10. Record postcooking temperature rise (celsius) and record weights (Table 4, appendix).
 11. Evaluate samples as soon as possible. Calculate cooking losses (Table 5, appendix).
4. Place the meat and thermocouple on a rack or in a broiler pan. Arrange meat and rack 8-15 cm below or above the heat. The distance varies with:
 - a. initial internal temperature of the meat (frozen or thawed—farther when meat is frozen);
 - b. the thickness of cut (thicker cuts farther from the heat); and
 - c. the broiling temperature. The broiling temperature is hard to control, thus, the investigator must rely on internal temperature of the sample as the only control. Broiling temperatures may vary widely and should be monitored and reported in the experimental section of the manuscript.
 5. For broiling in an electric oven, the door is left open according to the oven manufacturer's instructions. For broiling in a gas oven, the broiler oven door should be closed.
 6. Preferably, steaks and chops should be turned once with tongs and not forks during broiling. This may be at half the anticipated cooking time or when the internal temperature has reached half the increase to the final internal temperature. The proper point to turn cuts depends on the type of equipment used and should be determined in preliminary studies. Additional turning may be necessary if uneven cooking is apparent from both sides of the cut or excess browning or crust formation occurs.
 7. Remove the meat when it reaches the desired internal temperature (71°C for cuts of all species). Record cooking time.
 8. Immediately record cooked weights for determination of cooking losses (Table 6, appendix).
 9. Evaluate steaks and chops as soon as possible. Calculate cooking losses (Table 7, appendix).

b. BROILING

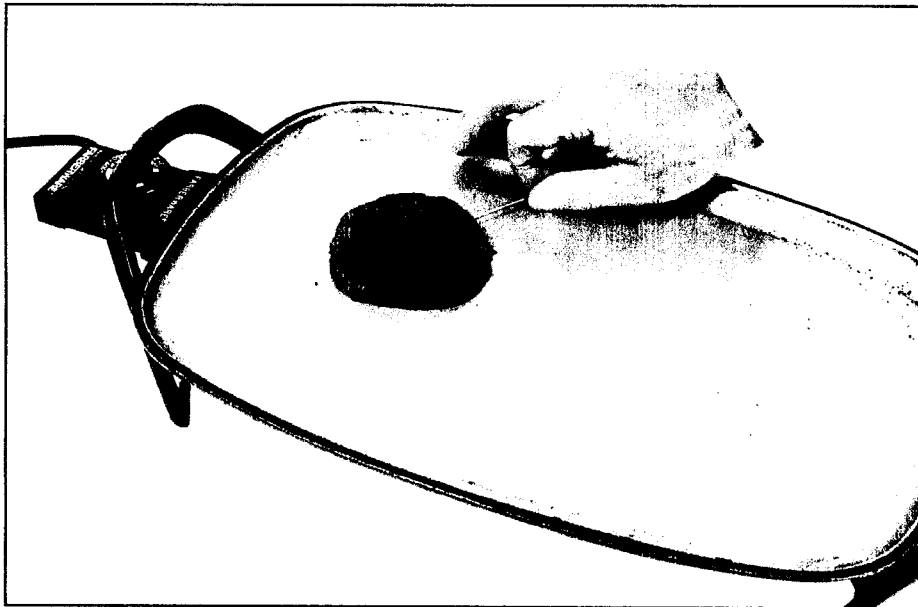
1. Set oven or broiler on "broil" long enough ahead of cooking for broiler to reach its ultimate temperature. Open-air broilers may have a temperature range of $190\text{-}232^{\circ}\text{C}$ at the cooking surface. In ovens having multiple broiler settings, use "high" to be comparable to open hearth broilers.
2. Record weights (Table 6, appendix).
3. Insert the thermocouple into the geometric center of the steak, chop (Figure 2), or patty (Figure 3). Record initial temperature (Table 6, appendix).

c. PANBROILING OF PATTIES

1. Preheat skillet or electric griddle to 163°C. Monitor surface temperature to know where you are in the temperature cycle when placing patties.
2. Record patty weights (Table 8, appendix).
3. Place fresh, frozen or thawed patties on griddle. Loosen the patties after 30 seconds with a spatula to prevent sticking, especially if patties are low in fat.
4. Turn patties every 2 minutes until 4 minutes of cooking has occurred. After 4 minutes, more frequent turning may be needed to prevent sticking and excess surface crust formation. 91.5 g patties cooked from the frozen state frequently need 6-9 minutes total cooking time. Fresh or thawed patties frequently need 4-7 minutes total cooking time.
5. From preliminary studies, determine time when patties are approximately 5°C from endpoint. Insert thermocouple at this time (Figure 3).
6. Remove patties when they reach 71°C.
7. Lightly blot surface moisture and fat, and immediately record cooked weights for determination of cooking losses (Table 8, appendix).
8. Evaluate patties for palatability and color as soon as possible. Calculate cooking losses (Table 8, appendix).

Figure 3

PROCEDURE FOR INSERTING THERMOCOUPLE INTO BEEF PATTIES



CENSO BOVINO NACIONAL 2000-2001

CENSO BOVINO NACIONAL

Datos Finales, abril 2001

Hembras	955,854
Machos	402,355
Total	1,358,209
N° Fincas	38,265

CENSO BOVINO NACIONAL

Distribución porcentual por tipo

Tipo	Cabezas	%
Carne	879,726	65
Doble P.	303,864	22
Leche	173,433	13
Total	1,357,023	100

CENSO BOVINO NACIONAL

Distribución por zona

Zona		Cabezas	%	% de Zona
Central	H	116,808	8.6	
	M	33,644	2.5	11.1
Chorotega	H	221,907	16.4	
	M	100,375	7.4	23.8
Pacífico C.	H	72,115	5.3	
	M	30,015	2.2	7.5
Brunca	H	141,375	10.4	
	M	60,281	4.4	14.8
Huetar Atl.	H	119,593	8.8	
	M	59,986	4.4	13.2
Huetar N.	H	283,254	20.9	
	M	117,670	8.7	29.6
Total		1,357,023	100	100

CENSO BOVINO NACIONAL

Distribución de fincas por zona

Zona	N° Fincas	%
Central	6,601	17.26
Chorotega	6,597	17.25
Pacífico C.	2,647	6.92
Brunca	7,243	18.94
Huetar A.	5,282	13.81
Huetar N.	9,870	25.81
Total	38,240	100.0

CENSO BOVINO NACIONAL

Distribución de cabezas por edad

Edad (años)	Cabezas	%
0-1	277014	20.4
1-2	286176	21.1
2-3	257100	18.9
Mas de 3	511343	37.7
Toros Cría	25390	1.9
Total	1357023	100

06-04-2001