

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**



**CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y RENDIMIENTO EN CORTES DE LA CANAL
DE NOVILLOS FINALIZADOS EN CORRAL**

Por:

GERARDO GARCIA FLORES

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2011

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD Y RENDIMIENTO EN CORTES DE LA CANAL
DE NOVILLOS FINALIZADOS EN CORRAL

POR:

GERARDO GARCÍA FLORES

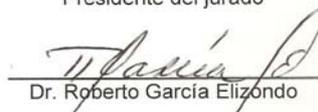
TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
Parcial para obtener el título de:

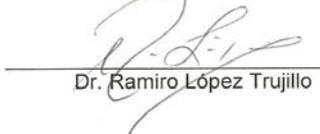
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

APROBADA

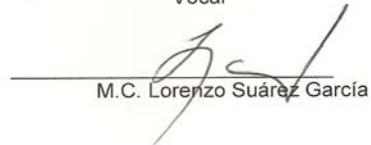
Presidente del jurado


Dr. Roberto García Elizondo

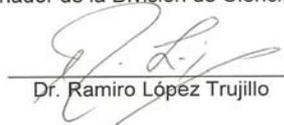
Vocal


Dr. Ramiro López Trujillo

Vocal


M.C. Lorenzo Suárez García

Coordinador de la División de Ciencia Animal


Dr. Ramiro López Trujillo

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre de 2011



DEDICATORIA

A Dios quien me ha dado la vida, la fuerza y la sabiduría para trabajar día a día.

A mis padres Roberto García Elizondo y Piedad A. Flores Elizondo que con mucho amor y cariño agradezco de todo corazón la confianza que depositaron en mi desde el transcurso de mis primeros años de estudio hasta culminar una profesión como esta que sin trabajos y sacrificios nunca hubiese logrado este nivel de preparación.

A mis abuelos: Roberto García Garza (†), Eloisa Elizondo Elizondo, Ricardo Flores Garza (†) y Adalia Elizondo Villareal porque fueron y seguirán siendo una fuerza de grandeza y fortaleza para superarme día con día en esta vida.

A Roberto y Anaid que aparte de ser mis hermanos son mis amigos y me han apoyado en toda mi vida dándome consejos para seguir siempre adelante.

A todos mis amigos con los que he pasado momentos inolvidables en mi vida y me han apoyado para ser la persona que hasta el momento soy.

AGRADECIMIENTOS

A Dios que me ha permitido lograr una más de tantas metas que me he planteado en esta vida y que gracias a él soy el profesionalista que soy ahora.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por otorgarme la oportunidad de realizar mis estudios profesionales.

Con un profundo y sincero agradecimiento al Dr. Roberto García Elizondo “mi padre”, quien por su distinguida orientación y asesoría hizo posible la realización de este trabajo, siendo para mí una persona de respeto por haberme ayudado de la mejor manera.

Al Dr. Ramiro López Trujillo por su disposición para la revisión de este estudio y su tiempo brindado.

Al M.C. Lorenzo Suárez García por sus comentarios y su disposición en la asesoría de este trabajo.

A todos los profesores que me dieron un granito de arena en lo que estuve estudiando en esta universidad para poder ser el profesionalista que ahora soy y por brindarme sus valiosos y atinados consejos durante mi formación.

A toda mi familia por el apoyo que me han brindado durante toda mi vida y que sin ellos no estaría en el lugar donde ahora estoy.

A mis amigos en general por su amistad incondicional ya que cada uno de ellos ha estado a mi lado en las situaciones de alegría y tristeza apoyándome a seguir adelante.

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
Objetivo general	3
Objetivos específicos	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
Calidad de la Carne y Canal de Bovino	4
Evaluación de Canales de Bovinos	5
Grados de Calidad de la Canal	6
Madurez	7
Marmoleo	8
Grados de Rendimiento de la Canal	9
Espesor de grasa dorsal	11
Grasa en riñón, pelvis y corazón	11
Peso de la canal caliente	11
Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	12
Características de la Canal y su Relación con los Grados de Calidad y Rendimiento	12
Hipótesis	14
3. MATERIALES Y MÉTODOS	15
Colección de datos de los animales y sus canales	15
Análisis estadístico	18

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
Evaluación de la Canal	20
Grados de madurez	21
Grados de marmoleo	21
Año de engorda	23
Grados de calidad	23
Grados de rendimiento	25
Espesor de grasa dorsal	27
Peso de la canal caliente	29
Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	31
Área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por 100 kg de canal	32
5. CONCLUSIONES	35
6. RESUMEN	36
7. LITERATURA CITADA	37

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
2.1	Relación entre los grados de madurez de una canal y la edad cronológica aproximada del animal.	7
2.2	Porcentaje esperado en cortes primarios y al detalle rebajados en grasa y parcialmente deshuesados de una canal de bovinos con diferentes grados de rendimiento (USDA, 1997).	10
4.1	Promedios, desviaciones estándar (DS) y valores mínimos y máximos de características de la canal relacionadas con los grados de calidad y rendimiento de novillos engordados en corral (n = 1440).	20
4.2	Porcentaje de canales de novillos con diferente grado de marmoleo dentro de los grados de calidad (n=1440).	22
4.3	Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) para características de la canal de novillos dentro de grados de calidad.	24
4.4	Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grados de rendimiento.	26
4.5	Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de espesor de grasa dorsal.	28
4.6	Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de peso de la canal caliente.	31
4.7	Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	33

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
2.1	Relación entre grados de madurez, marmoleo y calidad de la canal de bovinos (USDA, 1997).	9
3.1	Localización donde se mide la grasa de cobertura del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	16
3.2	Medición con cuadrícula (décimas de pulgada) del área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	17
4.1	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por grados de marmoleo. (LAB=Ligeramente Abundante, MD=Moderado, MT=Modesto, PE=Pequeño, LG=Ligero, TR=Trazas y PN=Prácticamente Nulo).	21
4.2	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por grados de calidad.	23
4.3	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de medio grado de rendimiento.	25
4.4	Distribución porcentual de canales de novillos estratificados por incrementos de 0.25 cm de espesor de grasa dorsal.	27
4.5	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 25 kg de peso de la canal caliente.	30
4.6	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 10 cm ² de área del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	32
4.7	Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 2.0 cm ² de área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por 100 kg de canal.	34

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la carne de bovino compite en el mercado ofreciendo o tratando de ofrecer productos de calidad que sean preferidos por el consumidor. Es precisamente esta calidad de la carne la que ha sido motivo de estudio y se han planteado en diferentes países del mundo sistemas de clasificación de canales y carnes con el propósito de satisfacer las necesidades del consumidor (López *et al.*, 2010).

En la industria de la carne bovina, la evaluación de las características relacionadas con la calidad y rendimiento en cortes de la canal, es una herramienta que los productores de ganado y empacadoras de carne tienen para tomar decisiones sobre las estrategias de manejo que pueden implementar para mejorar la calidad y rendimiento de su ganado y el consumidor comprar carne con características deseables a buen precio (McKenna *et al.*, 2002; García *et al.*, 2008; Méndez *et al.*, 2009).

Conocer las diferencias entre las canales de animales de abasto ha tenido un impacto económico tan grande que en muchas ocasiones ha marcado cambios importantes en el curso de la industria cárnica internacional. Las canales de mayor valor en el mercado son las de mayor peso, rendimiento en cortes y mejor calidad (USDA, 1997). Méndez *et al.* (2009) mencionan que actualmente en México, la industria de la carne de res está pagando más por cortes de carne de alta calidad para de esta forma asegurar la satisfacción del consumidor.

Las tendencias actuales en el mercado de la carne nacional, en función de las preferencias y requerimientos de los consumidores, están enfocadas hacia una carne con menor contenido de grasa externa y mayor calidad (Méndez *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010; Peel *et al.*, 2011). Para abastecer este mercado, cada vez más exigente, los productores de carne y los técnicos se están enfrentando a la necesidad de diseñar mejores métodos de engorda, que aseguren la mayor calidad y rendimiento en cortes (Méndez *et al.*, 2009).

La Industria nacional de la carne de bovino y en particular la establecida en la zona norte del país esta en permanente evolución. En los últimos años, el mercado nacional e internacional de la carne de res ha exigido a la industria ganadera que garantice la calidad así como la sanidad e inocuidad del producto que llega al consumidor (Vilaboa *et al.*, 2009).

Así, la industria de la carne de res está cada vez más regida por las necesidades y exigencias de los consumidores; el consumidor final de los productos cárnicos es quien está determinando cuales son los procedimientos y estrategias a seguir por parte de la industria para poder cumplir con sus exigencias. Estas exigencias, están enfocadas a tener productos con una calidad homogénea o estandarizada de ciertas características como las físicas, químicas y sensoriales. En el caso de características físicas, el color y la textura o ternera, son de las más exigidas. La cantidad de grasa, es otro factor importante que cuida y exige el consumidor; en el caso de las propiedades sensoriales, resulta de importancia que la carne cuente con un buen sabor, textura, color, olor y apariencia (Shook *et al.*, 2008).

El conocimiento de las diferencias entre las canales de animales de abasto ha tenido un impacto económico tan grande que en muchas ocasiones ha marcado cambios importantes en el curso de la industria cárnica internacional. Las canales de mayor valor en el mercado son las de mayor rendimiento y las de mejor calidad (definida esta última como las características sensoriales preferidas por los consumidores). En muchos países del mundo, el valor económico de la canal se determina a través de una evaluación de las características de la canal que proporcionan información sobre el rendimiento y la calidad (López y Rubio, 1998; Méndez *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010).

Los consumidores de carne de res mencionan que la calidad comestible de la carne (sabor, jugosidad y suavidad o blandura) es el principal criterio que utilizan para la compra del producto, seguido por el valor nutricional, seguridad del producto y precio (Tatum *et al.*, 2006).

Considerando que el objetivo final de la engorda de ganado bovino, es producir eficientemente canales de calidad y alto rendimiento en cortes, es indispensable

evaluar las características de la canal de bovinos, así como, los factores que tienen influencia sobre ellas. Con base a lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron:

Objetivo general

Caracterizar y evaluar atributos de calidad y rendimiento de canales de novillos que sirvan como guía para la industria de la carne de bovino.

Objetivos específicos

- 1.- Estimar la distribución porcentual de diferentes factores relacionados con los grados de calidad y rendimiento en cortes de la canal de novillos.
- 2.- Determinar los efectos que el espesor de grasa dorsal, peso de la canal caliente, y área del músculo *Longissimus dorsi* tienen sobre los grados de calidad y rendimiento en cortes de canales de ganado bovino que permita a los productores tomar decisiones de manejo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

Calidad de la Carne y Canal de Bovino

En la actualidad los aspectos relacionados con la calidad en la carne de bovino en México, ha tomado relevancia tanto en la investigación como en el sector productivo y los consumidores; no obstante, dicho tópico se ha abordado de manera individual en cada uno de los procesos por los que pasa el producto (bovino en pie, canal y carne) desde la producción hasta el consumidor final (Vilaboa *et al.*, 2009; Peel *et al.*, 2011).

En la carne bovina se identifican tres tipos de calidades: La higiénico-sanitaria, la nutricional y la organoléptica o sensorial (Vilaboa *et al.*, 2009). La calidad higiénico-sanitaria, asegura que la carne a consumir no presenta riesgo para la salud humana; la nutricional, se refiere al valor nutritivo de la carne y la organoléptica o sensorial a las características que se perciben por medio de los sentidos al momento de la compra o consumo como color, olor, ternura, jugosidad, sabor y aroma. La conjunción de estas tres aptitudes, determinan la calidad total de la carne.

Por lo anterior, la calidad en la carne puede definirse como “el conjunto de cualidades apreciadas y demandadas por los consumidores en la compra del producto” es el conjunto de características que le confiere a la carne un mayor grado de aceptación y precio por los consumidores, aspecto que representa ventajas competitivas en el mercado (Vilaboa *et al.*, 2009). García *et al.* (2008) definen la calidad de una canal y de la carne de bovino como “los atributos de la canal y de la carne que cumplen con la demanda o preferencias del consumidor”.

A los engordadores de bovinos, empacadores o detallistas les interesa ofrecer un producto de calidad y con alto rendimiento en cortes de la canal de los animales sacrificados. Para lograr lo anterior, es indispensable considerar los factores que determinan la calidad y el rendimiento en cortes de la canal. Entre los factores más importantes que determinan la calidad, se pueden mencionar, la madurez fisiológica del animal, la cantidad de grasa intramuscular (marmoleo), el color del músculo y la

grasa, las texturas de las fibras musculares y la firmeza al corte. Por su parte, el rendimiento en cortes de la canal está en función de la musculatura medida como área del músculo *Longissimus dorsi* entre la doceava y treceava vértebra torácica, la cantidad de grasa subcutánea e interna (riñón pelvis y corazón) y el peso de la canal caliente (USDA, 1997).

Evaluación de Canales de Bovinos

La evaluación de canales de bovinos comenzó a principios del siglo pasado en varios países del mundo, como Nueva Zelanda, Rusia, Sudáfrica, Estados Unidos de Norteamérica y Australia (López y Rubio, 1998). En la mayoría de las evaluaciones de canales que se realizan actualmente en el mundo, se clasifica en base a grados de calidad y rendimiento mediante una combinación de variables asociadas a la canal.

El Estado de Sonora implementó por primera vez en México el Servicio de Clasificación de Ganado y Carne de Bovino según se establece en el Reglamento del servicio de clasificación de ganado y carnes para el Estado de Sonora (RSCGCE, 1969). Posteriormente, esta propuesta se extendió a otros estados del norte del país Sinaloa (RSCGCE, 1986), Nuevo León (RSCGCE, 1990), Coahuila (RSCGCE, 1992) Baja California (RSCGCE, 1994), Chihuahua (RSCGCE, 2000) y Tamaulipas (RSCGCE, 2004).

En el país, se establece la norma mexicana NMX-FF-078-1991 (1991) de clasificación de canales de bovino y fue sustituida, por la norma NMX- FF- 078- SCFI-2002 (2002). Esta última establece que tiene cobertura nacional y se implementará en los rastros Tipo Inspección Federal (TIF).

En la mayoría de los sistemas de clasificación o evaluación de canales, la predicción del rendimiento en cortes está en función de la cantidad y distribución de grasa subcutánea e interna, área del músculo *Longissimus dorsi*, peso de la canal caliente, conformación y desarrollo muscular (López y Rubio, 1998).

La calidad y rendimiento en cortes (cantidad), son los factores básicos utilizados para juzgar el mérito de una canal de bovinos. Estos dos factores y el

peso de la canal son las tres características que determinan el precio de la misma (Tatum *et al.*, 2006; Lawrence *et al.*, 2008).

La clasificación de la canal se refiere a la práctica de evaluación de la canal en relación a sus atributos organolépticos de calidad. Dependiendo de la normatividad en cada país, la blandura, jugosidad y frescura de la carne se evalúan mediante una estimación de su madurez (ósea y muscular) y la cantidad de grasa intramuscular (marmoleo; USDA, 1997; BIF, 2010).

La clasificación objetiva de la carne no solo permite al consumidor saber lo que esta ingiriendo sino que también ofrece al productor de ganado el conocer la calidad misma de su proceso y se realiza mediante inspección visual y mediciones de la canal. En la mayoría de los países esta práctica no es obligatoria.

Las normas estadounidenses y de los estados del norte del país utilizadas para clasificar canales de bovinos, se basan en la asignación de grados de calidad y rendimiento en cortes de la canal, los cuáles determinan la aceptabilidad y el valor comercial de la misma. Estos dos factores y el peso de la canal determinan su valor comercial (BIF, 2010).

Grados de Calidad de la Canal

Los grados de calidad de la canal de bovinos establecidos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA, 1997) son de mayor a menor: *Prime, Choice, Select, Standard, Commercial, Utility, Cutter, y Canner*. Calidad Suprema, Selecta, Buena, Estándar y Comercial, equivalentes a los primeros cinco grados de calidad del sistema USDA, fueron establecidos en los sistemas de clasificación de canales y carne de los estados del norte de México.

La madurez, marmoleo (grasa intramuscular), color del músculo y grasa, textura de las fibras musculares y la firmeza al corte son los principales factores que considera el USDA (1997) para la determinación de los grados de calidad de una canal de bovino.

Madurez

La madurez de una canal se refiere a la edad fisiológica no cronológica de los animales cuando se clasifica su canal. El sistema de clasificación de canales de Estados Unidos considera cinco grados de madurez, identificados de menor a mayor con las letras A, B, C, D y E (USDA, 1997). Sin embargo, existe una estrecha relación con la madurez cronológica como se muestra en el Cuadro 2.1.

Cuadro 2.1. Relación entre los grados de madurez de una canal y la edad cronológica aproximada del animal.

GRADO DE MADUREZ	EDAD (meses)
A	9 - 30
B	30 - 42
C	42 - 72
D	72 - 96
E	>96

Fuente: USDA (1997)

Los grados de madurez de la canal están determinados por la madurez esquelética y se determinan observando la osificación de los cartílagos de las apófisis de las vértebras torácicas 11, 12 y 13, así como la forma, tamaño y color de las costillas y por la madurez muscular observando el color y textura del músculo *Longissimus dorsi* (USDA, 1997). La madurez general se obtiene promediando las anteriores.

Al avanzar la madurez fisiológica del animal, el cartílago se transforma en hueso, el color de la carne se oscurece y la textura se vuelve más tosca. A la madurez del cartílago y del hueso se le da más énfasis debido a que el color y la textura de la carne pueden ser afectados por otros factores postmortem. En términos de edad cronológica, los cartílagos comienzan a osificarse poco antes de los 30 meses de edad. Cuando el porcentaje de osificación de los cartílagos es entre 0 – 10, 10 – 35, 35 – 70, 70 – 90 y > de 90 por ciento, los grados de madurez son A, B, C, D y E (USDA, 1997).

La forma y color de las costillas también se consideran en la evaluación de la madurez esquelética. Las costillas son redondeadas y rojas en las canales con madurez A, mientras que las canales con madurez E presentan sus costillas anchas y planas. El color rojizo de las costillas disminuye gradualmente con la edad en la madurez C y generalmente se tornan de color blanquecino debido a que ya no producen glóbulos rojos, permaneciendo blancas de ahí en adelante.

Para determinar la madurez muscular, se observa el color del músculo *Longissimus dorsi* y la textura de las fibras musculares. El color del músculo de animales jóvenes varía de un rojo claro a más oscuro conforme aumenta la madurez, siendo ideal el color rojo cereza. Las fibras musculares de animales jóvenes son más finas y conforme avanza la edad del animal se vuelven más toscas. La combinación de la madurez ósea y la muscular determinan el grado de madurez final (USDA, 1997).

Marmoleo

El marmoleo (grasa intramuscular) representa la distribución o dispersión de la grasa dentro de la carne. Se evalúa la cantidad y distribución de la grasa intramuscular en la superficie expuesta del área del músculo *Longissimus dorsi* entre las 12^{ava} y 13^{ava} costillas. El grado de marmoleo es el principal determinante del grado de calidad de una canal (BIF, 2010).

El USDA (1997) establece nueve grados o categorías de marmoleo siendo de mayor a menor: Abundante, Moderadamente Abundante, Ligeramente Abundante, Moderado, Modesto, Pequeño, Ligero, Trazas y Prácticamente Nulo o Desprovisto.

Además de la madurez y el marmoleo, existen otros factores que afectan el grado de calidad de la canal. La firmeza del músculo es deseable, al igual que su color y textura. Un área del músculo *Longissimus dorsi* deseable debe mostrar una cantidad adecuada de marmoleo finamente disperso en una carne firme, de textura fina, brillante y de color rojo cereza. A medida que el animal envejece (madura), las características del músculo cambian, el color muscular se torna rojo-oscuro y su textura se vuelve más tosca.

El USDA (1997) establece que los grados de madurez y marmoleo, son los principales factores utilizados en la determinación del grado de calidad de la canal de bovino como se observa en la Figura 2.1.

Grado de Marmoleo	Grado de Madurez							
	A (9-30 m)	B (30-42 m)	C (42-72 m)	D (72-96 m)	E (> 96 m)			
Abundante	<i>PRIME</i>		<i>COMMERCIAL</i>					
Moderadamente Abundante								
Ligeramente Abundante								
Moderado	<i>CHOICE</i>							
Modesto								
Pequeño								
Ligero	<i>SELECT</i>	<i>UTILITY</i>						
Trazas	<i>STANDARD</i>							
Prácticamente Nulo								
						<i>CUTTER</i>		

Figura 2.1. Relación entre grados de madurez, marmoleo y calidad de la canal de bovinos (USDA, 1997).

Grados de Rendimiento de la Canal

El grado de rendimiento (GR), estima el porcentaje esperado en cortes primarios y al detalle, provenientes de las partes más valiosas de la canal (pierna ó piña, lomo ó dorso, costillar y espaldilla ó aguja), parcialmente deshuesados y recortados de grasa. El sistema estadounidense (USDA, 1997) establece cinco GR en cortes identificados con valores numéricos: 1, 2, 3, 4 y 5 de mejor a peor.

Los porcentajes esperados de cortes primarios y al detalle de una canal se muestran en el Cuadro 2.2. Se puede observar que a menor valor numérico de GR, mayores son los porcentajes de cortes primarios y al detalle de una canal. Por cada

cambio en una unidad de grado de rendimiento, el porcentaje en cortes primarios y al detalle disminuyen o aumentan 2.3 y 4.6 unidades porcentuales (Lawrence *et al.*, 2008).

Cuadro 2.2. Porcentaje esperado en cortes primarios y al detalle rebajados en grasa y parcialmente deshuesados de una canal de bovinos con diferentes grados de rendimiento (USDA, 1997).

Grado de Rendimiento	Rendimiento Esperado en Cortes Primarios* (%)	Rendimiento en Cortes al detalle** (%)
1.0	54.6	84.2
1.5	53.5	82.0
2.0	52.3	79.6
2.5	51.2	77.4
3.0	50.0	75.0
3.5	48.9	72.8
4.0	47.7	70.4
4.5	46.6	68.2
5.0	45.6	65.8
5.5	44.3	63.6

* Cortes (lomo, pierna, paleta y costilla).

** Cortes totales de la canal.

El grado de rendimiento de una canal de bovino se establece en función de cuatro características: El espesor de grasa dorsal o subcutánea, el porcentaje de grasa en riñón, pelvis y corazón, el peso de la canal caliente y el área del músculo *Longissimus dorsi*.

El GR se calcula con la ecuación recomendada por el USDA (1997):

$$\begin{aligned} \text{GR} = & 2.50 + (2.5 \times \text{espesor de grasa subcutánea en pulgadas}) \\ & + (0.20 \times \% \text{ de grasa en riñón, pelvis y corazón}) \\ & + (0.0038 \times \text{peso de la canal caliente en libras}) \end{aligned}$$

– $(0.32 \times \text{área del músculo } Longissimus \text{ dorsi en pulgadas cuadradas})$.

El GR también puede ser convertido a porcentaje. Para convertir GR a porcentaje, Drake (2004) recomienda la siguiente fórmula:

$$\text{Rendimiento en cortes (\%)} = 56.9 - (2.3 \times \text{GR}).$$

Espesor de grasa dorsal

El espesor de grasa dorsal (EGD) también llamada subcutánea, externa o de cobertura es el grosor de la capa de grasa, medido en la superficie del músculo *Longissimus dorsi* entre las 12^{ava} y 13^{ava} costillas a tres cuartos de la longitud del músculo a partir del hueso de la columna vertebral, perpendicular a la superficie de grasa en la 12^{ava} costilla. Esta medición puede ser ajustada si se presentan cantidades excesivas en la canal (USDA, 1997).

El EGD es el factor que más influencia tiene sobre el grado de rendimiento en cortes de una canal (Drake, 2004). Al incrementar el EGD, mayor es el valor numérico de GR y por lo tanto, menor es el rendimiento en cortes (Cuadro 2.2). Por cada 0.25 cm² en incremento en EGD el valor de GR aumenta 25 % (USDA, 1997).

Grasa en riñón, pelvis y corazón

La cantidad de grasa periférica del riñón, lumbar pélvica y la del corazón (RPC) ó grasa interna, es una estimación subjetiva y se expresa como un porcentaje en relación al peso de la canal caliente. Generalmente representa de 1 a 5 % del peso de la canal. A mayor porcentaje de grasa en RPC mayor el valor numérico de GR y menor el rendimiento en cortes de la canal. Un cambio de 1 % en la cantidad de grasa en RPC causa un incremento de 20 % en el valor de grado de rendimiento (Hale *et al.*, 2010; BIF, 2010).

Peso de la canal caliente

El peso de la canal caliente (PCC) también denominado peso de la canal, se refiere a peso de la canal de un bovino después del sacrificio, una vez desangrado y

retirado la piel, vísceras, cabeza y patas (Hale *et al.*, 2010). El peso de la canal es el factor más importante que determina el valor económico total de una canal (Tatum *et al.*, 2006). El PCC es uno de los factores utilizado para calcular el valor numérico de GR. Si no se cuenta con el peso de la canal caliente, éste se puede calcular multiplicando el peso de la canal fría por 1.1 o 1.2. EL PCC es un indicador aproximado del tamaño de los cortes de la canal. A menor peso de la canal menor valor numérico de GR y por lo tanto mayor porcentaje de rendimiento en cortes al detalle. Por cada 100 libras de cambio en el peso de la canal arriba de 600 libras, el valor numérico de GR cambia 40 % (USDA, 1997; Hale *et al.*, 2010).

Área del músculo *Longissimus dorsi*

El área del músculo *Longissimus dorsi* (AML) es considerada como un indicador de la musculatura de una canal, se determina midiendo el área del músculo entre las 12^{ava} y 13^{ava} costillas (USDA, 1997). A mayor AML menor será el valor numérico de GR y por lo tanto mayor el porcentaje de rendimiento en cortes de la canal. Existe una relación positiva entre el PCC y el AML y negativa entre EGS y el AML o sea que a mayor EGD, menor es el AML y viceversa. Por cada pulgada cuadrada de cambio en AML, disminuye el valor de GR en 30 % (USDA, 1997; Hale *et al.*, 2010).

El AML es mayor cuando los pesos de las canales son más altos. Para comparar el AML de diferentes canales se recomienda (Owens y Gardner, 2000; Drake, 2004) convertirla a un peso común (AML/100 kg de canal) dividiendo el área entre el peso de la canal y multiplicarlo por 100. El grado de calidad de una canal esta inversamente relacionada con el GR. A mayor grado de calidad mayor es el valor numérico de GR y por lo tanto menor rendimiento en cortes de la canal (USDA, 1997; Hale *et al.*, 2010).

Características de la Canal y su Relación con los Grados de Calidad y Rendimiento

La cantidad de grasa intramuscular (marmoleo) y la madurez de la canal son los factores más importantes que determinan la calidad de una canal de bovinos (USDA, 1997; Hale *et al.*, 2010).

En las auditorías nacionales de la carne de bovino realizadas en los Estados Unidos de Norteamérica en los años de 1991, 1995, 2000 y 2005 (Lorenzen *et al.*, 1993; Boleman *et al.*, 1998; McKenna *et al.*, 2002 y García *et al.*, 2008) se reporta que las canales de animales jóvenes (menores de 30 meses o grado de madurez A) poseen mayor cantidad de grasa intramuscular y tienen mayor grado de calidad. Estos autores mencionan que al incrementar el espesor de grasa dorsal y el peso de la canal caliente, tanto los grados de calidad como el valor numérico de grado de rendimiento aumentan. Sin embargo, lo contrario sucede con el área del músculo *Longissimus dorsi* ya que disminuyen al incrementar el área los grados de calidad y rendimiento.

Los resultados que arroja la Auditoría Nacional de la Calidad de la Carne de Res en Estados Unidos (2005) señalan que las principales preocupaciones que han expresado los empacadores y usuarios finales (detallistas y servidores de alimentos) con respecto a la carne de res producida en corral con dietas a base de grano son la falta de uniformidad, consistencia y excesiva cantidad de grasa subcutánea (García *et al.*, 2008; Shook *et al.*, 2008).

Lawrence *et al.* (2008) reportan que en la actualidad la ecuación para determinar el GR de la canal requiere modificaciones que reflejen la relación lineal entre el AML requerida ($LMA \text{ requerido} = 0.171 (\text{PCC}) + 24.526$) y el PCC establecidos por el USDA (1997). Lo anterior, en virtud de que se ha encontrado que la relación no es lineal sino cuadrática (Owens y Gardner, 2000; Lawrence *et al.*, 2008).

Actualmente la tendencia del consumidor es a comer más saludablemente. La industria cárnica ha ido cambiando según las nuevas exigencias del consumidor que desea carnes de buena calidad con la mínima cantidad de grasa a un precio razonable.

Se puede concluir que el peso de la canal y la evaluación de su calidad y rendimiento en cortes, son las principales herramientas con la que los productores cuentan para dar el valor adecuado a su ganado.

Hipótesis

El espesor de grasa dorsal y peso de la canal caliente inciden favorablemente y área del músculo *Longissimus dorsi* y grado de rendimiento negativamente con el grado de calidad y rendimiento en cortes de la canal de novillos menores de dos años.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Colección de datos de los animales y sus canales

En el mes de septiembre de los años 1991 a 2011, se obtuvo información de 1440 canales de novillos menores de 24 meses de edad (grado de madurez **A**) del evento anual conocido como "Concurso del Becerro Gordo", organizado por la Asociación Ganadera Local de Sabinas Coahuila. Los animales fueron alimentados en promedio, durante 134 días y sacrificados con un peso de 496 ± 70 kg.

Los novillos se pesaron aproximadamente 12 hr después de finalizado el período de engorda (PS) y se les determinó su edad en base a su desarrollo dental (presencia o ausencia de dientes incisivos permanentes). Posteriormente, fueron sacrificados mediante métodos convencionales utilizando una pistola de pistón cautivo, en el Rastro Municipal de Sabinas, Coahuila. Las canales fueron identificadas con tarjetas, pesadas (peso de la canal caliente, PCC), divididas longitudinalmente en dos partes y se pasaron a la cámara de refrigeración donde permanecieron por 24 hr a una temperatura que varió de 2 a 4 °C.

Después de aproximadamente 24 hr en refrigeración se realizó la evaluación de las canales, en la mitad izquierda de cada canal, se hizo un corte transversal entre las 12^{ava} y 13^{ava} costillas. Después de 30 minutos, se realizaron las siguientes mediciones: GM, EGD_{aj}, grasa en RPC y AML.

Los datos de las características de la canal fueron obtenidas, durante 21 años, por las mismas dos personas entrenadas, utilizando el sistema de clasificación del USDA 1997. Ningún otro tratamiento después del sacrificio, especialmente estimulación eléctrica, fue aplicado a las canales.

El GM se estimó subjetivamente observando la cantidad de grasa intramuscular depositada en la superficie del músculo *Longissimus dorsi* y fue comparada con las fotografías publicadas por el USDA 1997.

No se determinó el grado de madurez de las canales; sin embargo, se asume, que corresponden a novillos con grado de madurez A o sea, menores de 30 meses de edad (USDA, 1997).

El EGD se midió con un vernier, graduado en décimas de pulgada, en la superficie del músculo *Longissimus dorsi* entre las 12^{ava} y 13^{ava} costillas a tres cuartos de la longitud del músculo a partir del hueso de la columna vertebral, perpendicular a la superficie de grasa en la 12^{ava} costilla como se observa en la Figura 3.1 y se ajustó al contenido total de grasa en la canal.

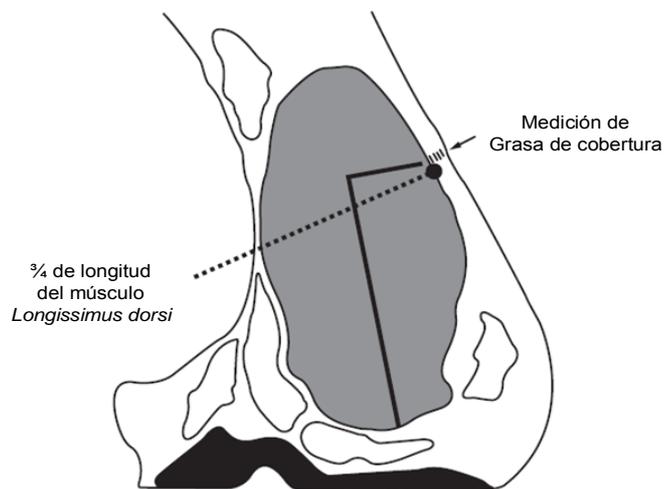


Figura 3.1. Localización donde se mide la grasa de cobertura del músculo *Longissimus dorsi*.

El AML se calculó con una plantilla cuadrículada dividida en décimas de pulgada cuadrada, la cual se colocó en la superficie del músculo en la 12^{ava} costilla (Figura 3.2). El porcentaje de grasa en RPC con relación al peso de la canal caliente fue estimada subjetivamente.

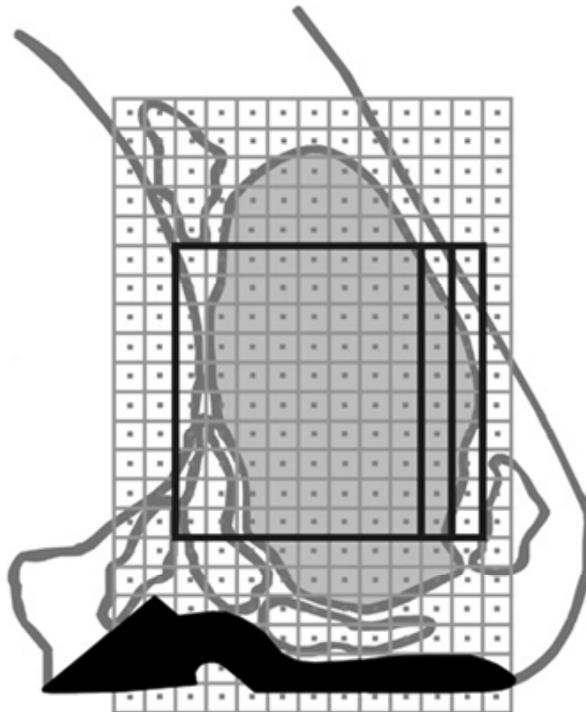


Figura 3.2. Medición con cuadrícula (décimas de pulgada) del área del músculo *Longissimus dorsi*.

Con la información anterior, se determinaron los grados de calidad y rendimiento (USDA, 1997) de cada canal, y se calcularon el AML por cada 100 kg de PCC y el rendimiento esperado en cortes al detalle (RCD) de la canal parcialmente deshuesada y recortada de grasa externa.

Los grados de calidad (USDA, 1997) se obtuvieron relacionando los grados de marmoleo y madurez fisiológica de la canal como se observa en la Figura 2.1. Para la determinación del GR se uso la siguiente ecuación recomendada por el USDA, (1997):

$$\begin{aligned} \text{GR} = & 2.50 + (2.5 \times \text{EGD en pulgadas}) \\ & + (0.20 \times \% \text{ de grasa en RPC}) \\ & + (0.0038 \times \text{PCC en libras}) \\ & - (0.32 \times \text{AML en pulgadas cuadradas}) \end{aligned}$$

Aunque no se realizaron mediciones directas de los cortes primarios (RCP; pierna, lomo, costilla y paleta) y al detalle (RCD), si se calculó el rendimiento esperado en cortes de la canal, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva (1.25 cm), utilizando la siguiente ecuación (USDA, 1997):

$$\begin{aligned} \text{RCP} = & 51.34 - (5.784 \times \text{EGD en pulgadas}) \\ & - (0.462 \times \% \text{ de grasa en RPC}) \\ & - (0.0093 \times \text{PCC en libras}) \\ & + (0.74 \times \text{AML en pulgadas cuadradas}) \end{aligned}$$

Para calcular el rendimiento en cortes al detalle (RCD) de la canal, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva (1.25 cm), se usó la ecuación $\text{RCD} = (\text{RCP} \times 2) - 25$ (USDA, 1997).

Análisis estadístico

Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico SAS (1989). Los promedios, desviaciones estándar y valores mínimos y máximos para cada característica fueron generados con el procedimiento MEANS y las distribuciones de frecuencias fueron estimadas con el procedimiento FREQ.

Para evaluar el efecto de año, GC, GR, EGD, PCC y AML, sobre las características de la canal, éstas fueron agrupadas en 21 años (1991-2011), tres GC (*Choice* ó mayor, *Select* y *Standard*), tres GR (1, 2 y 3 ó mayor), cuatro EGD (< 0.5, 0.5 – 0.99, 1.0 – 1.49 y > 0.49 cm), cuatro PCC (< 250, 250 – 299, 300 – 349, > 349 kg) y cuatro AML (< 75, 75 – 84, 85 – 94, > 94 cm²) categorías o grupos, respectivamente.

El diseño experimental fue completamente al azar con arreglo factorial 21 x 3 ó 21 x 4 en donde año se combinó de manera independiente con las categorías de GC y GR o EGD, PCC, AML, y su interacción, ambos con diferente número de unidades experimentales, El modelo estadístico utilizando fue:

$$Y = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{(ij)k}$$

donde:

Y es la variable de respuesta para cada uno de los factores de la ecuación.

μ es la media poblacional.

A_i es el efecto de año.

B_j es el efecto de categorías CG, GR, EGD, PCC y AML.

AB_{ij} es la interacción año por cada una de las categorías en forma independiente.

$e_{(ij)k}$ es el error experimental.

Los datos se analizaron usando el Modelo Lineal General con el procedimiento GLM del paquete estadístico SAS (1989) y la opción LSMEANS se empleó para comparar las medias estimadas por mínimos cuadrados y comparados cuando los efectos analizados fueron significativos ($P < 0.05$) con la opción PDIFF.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Evaluación de la Canal

Los valores promedio, desviación estándar y rango para peso al sacrificio y características relacionadas con los grados de calidad y rendimiento de la canal de 1440 novillos menores de 24 meses (grado de madurez A) engordados en corral de abril a septiembre (134 días promedio) durante los años de 1991 a 2011, se muestran en el Cuadro 4.1.

Cuadro 4.1. Promedios, desviaciones estándar (DS) y valores mínimos y máximos de características de la canal relacionadas con los grados de calidad y rendimiento de novillos engordados en corral (n = 1440).

Característica	Media	DS	Mínimo	Máximo
Grado de calidad ¹	666.0	52.3	525.0	817.0
Grado de marmoleo ²	377.0	81.6	150.0	750.0
Grado de rendimiento	1.9	0.7	0.1	5.3
Espesor de grasa dorsal, cm	0.7	0.4	0.1	3.1
Grasa en RPC, %	2.1	0.7	0.5	4.5
Peso de la canal caliente, kg	300.5	47.3	189.0	428.0
AML, cm ²	83.7	12.2	51.0	125.2
AML cm ² /100 kg de canal	28.1	3.2	18.0	40.7
Rendimiento en cortes ³ , %	79.5	3.1	63.8	88.1

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=Standard⁰⁰, 600= Select⁰⁰, 700=Choice⁰⁰, 800=Prime⁰⁰.

² 300= Liger⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700= Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

Los valores promedio para GC y GR fueron *Select*⁶⁶ y 1.9. Estos resultados son ligeramente menores en GC y hasta un grado de valor numérico de GR que los obtenidos en las auditorías nacionales de la calidad de la carne de bovino en los Estados Unidos de 1991, 1995, 2000 y 2005. En ellas se reportan Lorenzen *et al.* (1993) canales con GC promedio (*Select*⁸⁶) y GR (3.2). Boleman *et al.* (1998) reportan GC (*Select*⁷⁹) y GR (2.8). McKenna *et al.* (2002) encontraron GC (*Select*⁸⁵) y GR (3.0) y García *et al.* (2008) informan GC (*Select*⁹⁰) y GR (2.9). Estos autores reportan un área del músculo *Longissimus dorsi* promedio menor (24.1 cm²/100 kg

de canal) lo cuál es congruente para canales con mayores GC y GR (USDA, 1997; Hale *et al.*; 2010).

Los promedios de las características relacionadas con los GR en cortes de la canal se consideran representativos del ganado engordado en el norte del país (Méndez *et al.*, 2009; Torrescano, *et al.*, 2010) y más altos en GC y marmoleo.

Grado de madurez

Al evaluar la edad de los novillos por medio de la presencia o ausencia de los dientes incisivos permanentes, se encontró que el 100% de los novillos utilizados en este trabajo, no habían mudado por lo que el grado de madurez fue A. Lawrence *et al.* (2001) reportan que bovinos que no presentan dientes incisivos permanentes tiene edades menores de 24 meses.

Grado de marmoleo

El porcentaje de canales con diferente GM, se muestran en la Figura 4.1.

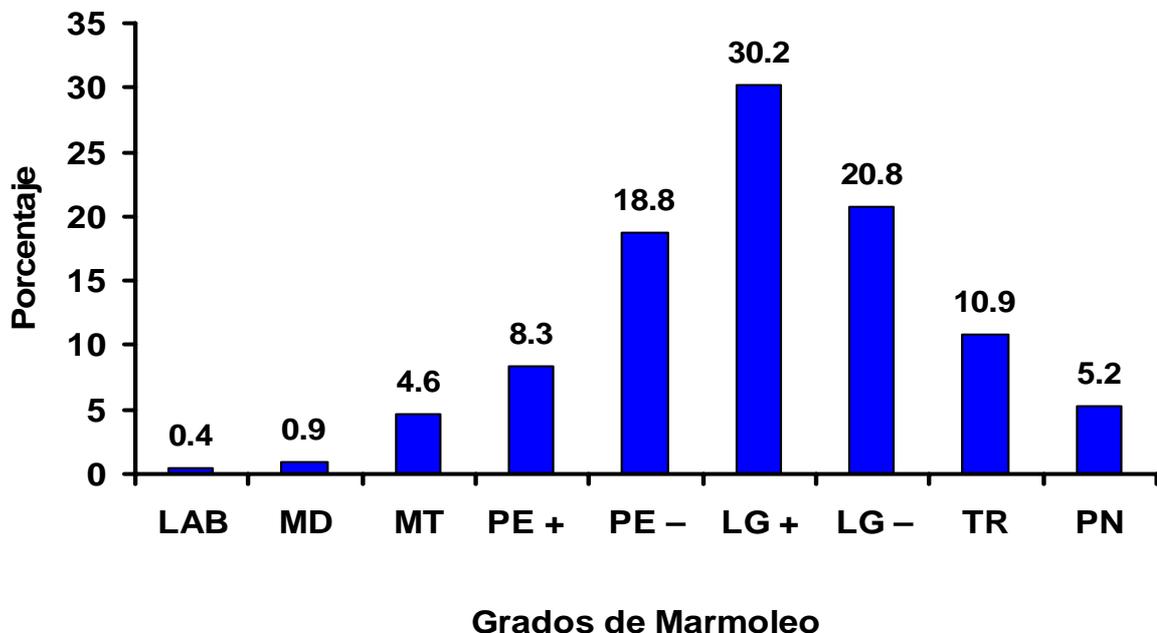


Figura 4.1. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por grados de marmoleo. LAB=Ligeramente Abundante, MD=Moderado, MT=Modesto, PE=Pequeño, LG=Ligero, TR=Trazas y PN=Prácticamente Nulo.

Las canales con GM Ligeroy y Pequeño representan el 78.1 %. Las canales con GM Pequeño o mayor representan el 32.9 % y solo 16.1 % tuvieron GM Trazas o menor. En estudios realizados en el norte de México (Méndez *et al.*, 2009; Torrescano, *et al.*, 2010), reportan GM Ligeroy o menor en canales de toretes o novillos.

En el trópico mexicano con ganado Pardo Suizo x Cebú, Hernández *et al.* (2009), reportan canales de toretes engordados por 120 días en corral, pastoreo más suplemento alimenticio y solo pastoreo con GM Prácticamente Nulo o Desprovisto.

El porcentaje de canales con diferente GM, dentro de GC se muestran en el Cuadro 4.2. Los datos revelan que solo el 0.3 % de las canales tuvieron GC *Prime* bajo, 32.5 % tuvieron GM que corresponden a GC *Choice*, 51 % que corresponden al GC *Select* y 16.1 % al GC *Standard*. Estos resultados son superiores a los reportados por Méndez *et al.* (2009) para el norte de México y Torrescano *et al.* (2010) en engordas en corral en Sonora.

Cuadro 4.2. Porcentaje¹ de canales de novillos con diferente grado de marmoleo dentro de los grados de calidad (n=1440).

Grados de Marmóreo	Grados de Calidad				
	Todos ²	<i>Prime</i>	<i>Choice</i>	<i>Select</i>	<i>Standard</i>
Ligeramente Abundante	0.3	100.0			
Moderado	0.9		2.8		
Modesto	4.6		14.1		
Pequeño ⁺	8.3		25.6		
Pequeño ⁻	18.8		57.5		
Ligeroy ⁺	30.2			59.3	
Ligeroy ⁻	20.8			40.7	
Trazas	10.9				67.7
Prácticamente nulo	5.2				32.3

¹ El redondeo ocasiona que no todas las categorías sumen 100.0.

² Representa los grados de calidad.

De las canales que alcanzaron GC *Choice* bajo, el 57.5 % tuvieron GM Pequeño bajo. Porcentajes superiores (64.4 y 64.8 %) han sido reportados por McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008).

Año de engorda

Al analizar por separado los efectos de año de engorda, GC, GR, EGD, PCC, AML y sus interacciones sobre las características de la canal, se encontró un efecto significativo ($P < 0.05$) de año de la engorda sobre todas las variables analizadas. El análisis de esta fuente de variación se omite por ser un lugar común y por la gran diversidad de factores de manejo y climáticos que participan en su manifestación. Su inclusión en el modelo fue con el propósito de reducir la magnitud del error experimental.

Grados de calidad

En la Figura 4.2, se muestra la distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes grados de calidad.

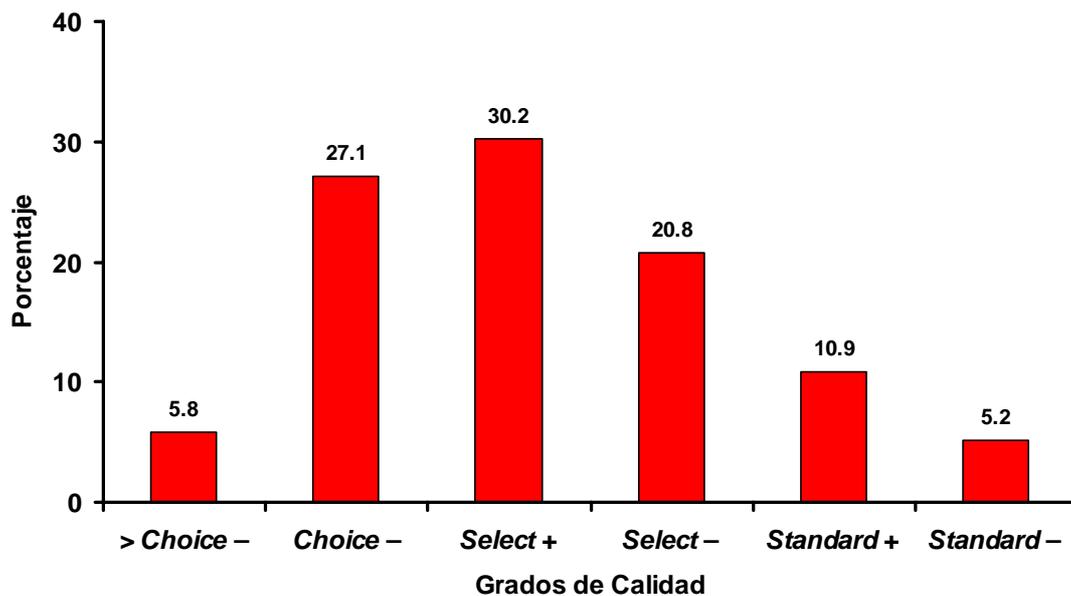


Figura 4.2. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por grados de calidad.

Se puede observar que el 51.0 % de las canales tuvieron GC *Select*, 32.9 % *Choice* o mayor y solamente 16.1 % *Standard*. Estos valores son superiores a los reportados por Méndez *et al.* (2009) y Torrescano *et al.* (2010) en sus estudios con novillos en el norte de México e inferiores a los reportados por McKenna *et al.*

(2002) y García *et al.* (2008) en las auditorías nacionales 2000 y 2005 de la carne de bovino en los Estados Unidos.

Los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE promedio para los factores relacionados con los GR de la canal de novillos estratificados por grado de calidad, se muestran en el Cuadro 4.3.

Cuadro 4.3. Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) para características de la canal de novillos dentro de grados de calidad.

Característica	Categoría Grados de Calidad			EE
	<i>Choice</i> ó > (n= 474)	<i>Select</i> (n=734)	<i>Standard</i> (n= 232)	
Grado de calidad ¹	719.9 ^a	657.1 ^b	582.5 ^c	1.3
Grado de marmoleo ²	458.9 ^a	357.8 ^b	264.4 ^c	2.1
Grado de rendimiento	2.3 ^a	1.9 ^b	1.5 ^c	0.0
Espesor de grasa dorsal, cm	1.0 ^a	0.6 ^b	0.4 ^c	0.0
Grasa en RPC, %	2.5 ^a	2.0 ^b	1.5 ^c	0.0
Peso de la canal caliente, kg	324.0 ^a	295.3 ^b	266.3 ^c	2.2
AML, cm ²	87.2 ^a	83.2 ^b	78.2 ^c	0.6
AML cm ² /100 kg de canal	27.1 ^c	28.4 ^b	29.5 ^a	0.2
Rendimiento en cortes ³ , %	77.8 ^c	80.0 ^b	81.7 ^a	0.1

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=*Standard*⁰⁰, 600= *Select*⁰⁰, 700=*Choice*⁰⁰, 800=*Prime*⁰⁰.

² 100=Prácticamente nulo⁰⁰, 200=Trazas⁰⁰, 300=Ligero⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700=Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

abcd= Valores promedio con literales distintas en la misma hilera difieren (P<0.05).

Conforme el GC disminuye de *Choice* o mayor a *Standard*, el valor numérico de GR en cortes, EGD, porcentaje de grasa en RPC, PCC y AML disminuyen (P<0.05). En contraste, el AML/100 kg de canal y el RCD aumentaron (P< 0.05). Lo anterior indica que a mayor calidad (*Choice* o mayor), mayor es el valor numérico de GR (2.3) y por lo tanto menor rendimiento en cortes (77.8 %) al detalle parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva contra 80 y 81.7 % para las canales con calidad *Select* y *Standard*.

En las auditorías nacionales de la carne bovina en los años 2000 y 2005, Mackenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008) mencionan que con canales con similar PCC el AML disminuyen al incrementar el GC. En el Cuadro 4.3 se observa

lo contrario ya que las canales con mayor GC tuvieron mayor AML. Se considera que lo anterior es debido a que las canales con mayor calidad tuvieron mayores pesos, Estos mismos autores, mencionan que a mayor PCC mayor es el AML. En el Cuadro 4.3, se confirma la aseveración anterior ya que al ajustar el AML/100kg de canal se encontró ($P < 0.05$) que a mayor GC menor es el AML (27.1, 28.4, 29.5 $\text{cm}^2/100 \text{ kg}$) para las canales con GC *Choice* ó mayor, *Select* y *Standard*, respectivamente.

Grados de rendimiento

La distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes categorías de GR con incrementos cada 0.5 unidades, se muestran en la Figura 4.3.

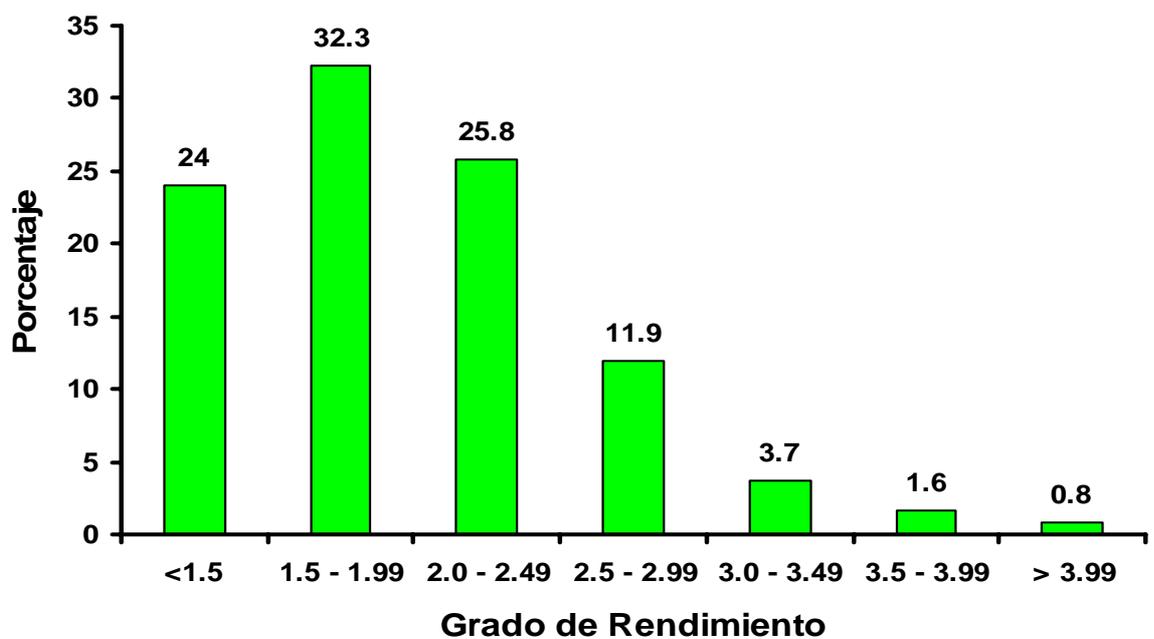


Figura 4.3. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de medio grado de rendimiento.

El 56.3 % de las canales tuvieron GR 1, 37.7 % GR 2 y solo el 6 % GR 3 ó 4. McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008) reportan valores menores (12.2 y 15.3 %) para canales con GR 1 e iguales (37.4 y 38.8 %) para canales con GR 2 y valores muy superiores (50.3 y 45.9 %) para canales con GR 3 ó mayor.

Los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE promedio para características de la canal de novillos estratificados por grado de rendimiento en cortes, se muestran en el Cuadro 4.4.

Cuadro 4.4. Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE promedio para características de la canal de novillos dentro de grados de rendimiento.

Característica	Categoría Grado de Rendimiento			EE
	1 (n=810)	2 (n=543)	3 ó > (n=87)	
Grado de calidad ¹	649.2 ^c	681.4 ^b	723.5 ^a	2.04
Grado de marmoleo ²	350.4 ^c	399.2 ^b	479.5 ^c	3.13
Grado de rendimiento	1.5 ^c	2.4 ^b	3.5 ^a	0.01
Espesor de grasa dorsal, cm	0.5 ^c	0.8 ^b	1.5 ^a	0.01
Grasa en RPC, %	1.8 ^c	2.3 ^b	3.2 ^a	0.02
Peso de la canal caliente, kg	291.9 ^c	307.9 ^b	330.3 ^a	1.93
AML, cm ²	86.4 ^a	80.4 ^b	79.6 ^b	0.48
AMLcm ² /100 kg de canal	29.8 ^a	26.3 ^b	24.2 ^c	0.10
Rendimiento en cortes ³ , %	81.6 ^a	77.6 ^b	72.5 ^c	0.07

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=Standard⁰⁰, 600= Select⁰⁰, 700=Choice⁰⁰, 800=Prime⁰⁰.

² 100=Prácticamente nulo⁰⁰, 200=Trazas⁰⁰, 300=Ligero⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700=Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

abcd= Valores promedio con literales distintas en la misma hilera difieren (P<0.05).

El valor promedio de GR dentro de cada categoría o grupo de GR, fue muy cerca del centro o promedio del grado 1.5, 2.4 y 3.5 para canales con GR 1, 2 y 3 ó mayor, respectivamente. Cuando el valor de GR disminuye numéricamente de 3 ó mayor a 1, el GC, GM, EGD, porcentaje de grasa RPC y PCC también disminuyen (P<0.05). En contraste, el AML, AML/100 kg de canal y el RCD, aumentan (P<0.05) 6.8 cm², 5.6 cm²/100 kg de canal y 9.1 % en RCD, respectivamente. Estas relaciones entre características de la canal y GR, son similares a las reportadas por Lorenzen *et al.* (1993), Boleman *et al.* (1998), McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008).

Las relaciones presentadas en el Cuadro 4.4 indican que cuando el valor numérico de GR es más alto, las características de calidad incrementan y por lo tanto las características relacionadas con musculatura (cantidad) disminuyen o sea a mayor valor numérico de GR menores son el AML, AML/100 kg de canal y el

rendimiento esperado en cortes al detalle. También se puede observar que canales con mayor peso, las características relacionadas con musculatura, disminuyen.

Existe un antagonismo entre los grados de calidad y rendimiento en cortes de la canal (Hale *et al.*, 2010). Al aumentar el grado de calidad incrementa el valor numérico de GR y por lo tanto disminuye el rendimiento esperado en cortes al detalle de la canal (McKenna *et al.*, 2002; García *et al.*, 2008). Lo anterior indica que si se busca calidad los animales se deben sacrificar a mayor peso, y si se quiere cantidad se deben sacrificar a menor peso dada la correlación negativa que se presenta entre GC y GR (USDA, 1997; Park *et al.*, 2002).

Espesor de grasa dorsal

La distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes categorías de EGD con intervalos de 0.25 cm se muestran en la Figura 4.4.

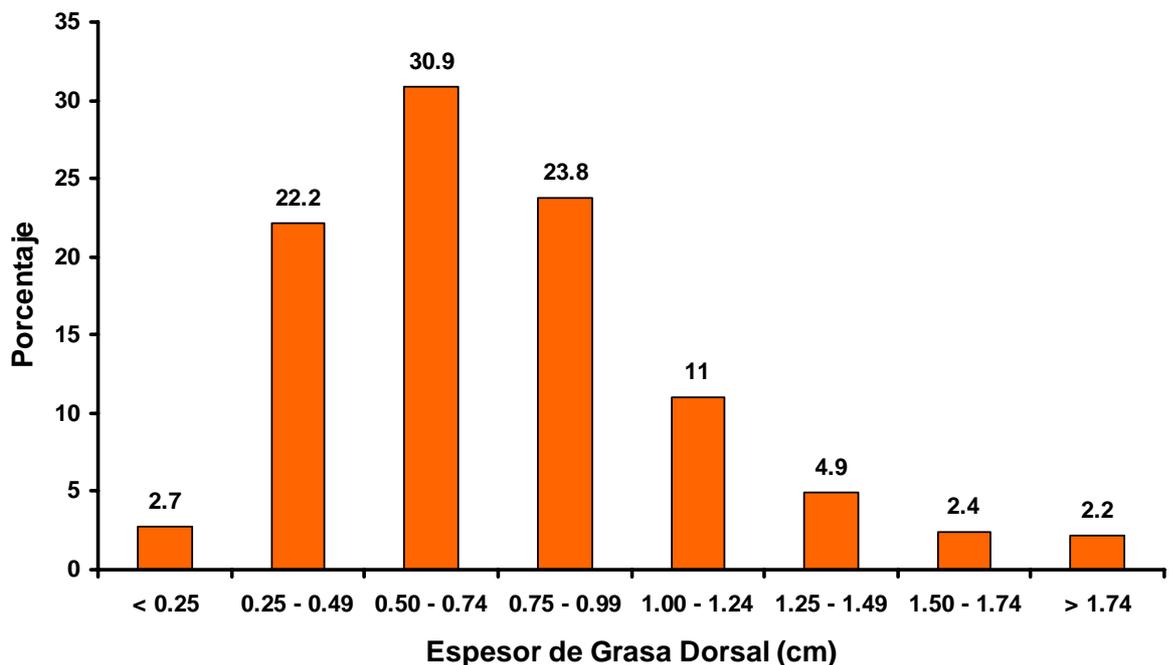


Figura 4.4. Distribución porcentual de canales de novillos estratificados por incrementos de 0.25 cm de espesor de grasa dorsal.

Alrededor del 25 % de las canales tuvieron un EGD menor de 0.5 cm, el 54.7 % tuvieron EGD entre 0.5 y 1.0 cm, 14.9 % con EGD entre 1.0 y 1.5 cm y 4.6 % EGD mayor a 1.5 cm.

En la auditoria de la carne de bovino realizada en los Estados Unidos en 2005, García *et al.* (2008) reportan 5.5, 30.5, 34.0 y 30.0 % de canales con EGD < de 0.5, 0.5 - 1.0, 1.0 - 1.5 y > 1.5 cm de EGD, respectivamente. Cuando las canales tienen mayor EGD, el GM, GC y el valor numérico de GR aumentan y se tiene mayor desperdicio de grasa excesiva y por lo tanto menor rendimiento en cortes de la canal (Corah y McCully, 2007; García *et al.*, 2008).

En el Cuadro 4.5, se muestran los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE para características de calidad y rendimiento en cortes de la canal de novillos dentro de categoría EGD también llamada grasa subcutánea o de cobertura.

Cuadro 4.5. Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de espesor de grasa dorsal.

Característica	Categorías Espesor de Grasa Dorsal, cm				EE
	< 0.50 (n=358)	0.50-0.99 (n=717)	1.0-1.49 (n=228)	>1.49 (n=137)	
Grado de calidad ¹	617.1 ^d	668.9 ^c	700.9 ^b	720.4 ^a	1.52
Grado de marmoleo ²	307.0 ^d	377.7 ^c	427.2 ^b	474.4 ^a	2.35
Grado de rendimiento	1.4 ^d	1.9 ^c	2.4 ^b	3.1 ^a	0.02
Espesor de grasa dorsal, cm	0.3 ^d	0.6 ^c	1.0 ^b	1.5 ^a	0.00
Grasa en RPC, %	1.6 ^d	2.1 ^c	2.5 ^b	3.1 ^a	0.02
Peso canal caliente, kg	272.2 ^d	300.1 ^c	325.4 ^b	332.6 ^b	1.57
AML, cm ²	79.9 ^c	84.3 ^b	87.3 ^a	85.5 ^{ab}	0.43
AML cm ² /100 kg de canal	29.5 ^a	28.3 ^b	26.9 ^c	25.8 ^d	0.11
Rendimiento en cortes ³ , %	82.1 ^a	79.9 ^b	77.6 ^c	74.1 ^d	0.11

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=Standard⁰⁰, 600= Select⁰⁰, 700=Choice⁰⁰, 800=Prime⁰⁰.

² 100=Prácticamente nulo⁰⁰, 200=Trazas⁰⁰, 300=Ligero⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700=Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

abcd= Valores promedio con literales distintas en la misma hilera difieren (P<0.05).

Al incrementar el EGD, aumentaron (P<0.05) el GC, GM GR, PCC y AML. El AML por cada 100 kg de PCC y el rendimiento esperado en RCD de la canal disminuyeron (P<0.05) 3.7 cm² por cada 100 kg de PCC y 8.0 % en RCD, en los novillos con menos de 0.5 y mayores o iguales a 1.5 cm de EGD, respectivamente.

Se puede observar (Cuadro 4.5) que el GC varió de Select^{bajo} a Choice^{bajo} para novillos con diferente EGD. Los valores numéricos de GR fueron más altos (P>0.05)

para las canales de novillos con mayor EGD. Estos resultados concuerdan con lo reportado por (McKenna *et al.*, 2002; García *et al.*, 2008). El rendimiento esperado en cortes al detalle de la canal parcialmente deshuesados y recortados de grasa disminuyó de 82.1 a 74.1 % al aumentar el EGD de < 0.5 a > 1.49 cm, respectivamente (USDA, 1997). En general canales con mayor cantidad de grasa tiene GC más altos. Sin embargo, canales con mucha grasa pueden tener mala calidad y canales con poca grasa alta calidad (Lorenzen *et al.*, 1993).

EL PCC y área del ML también incrementaron al aumentar la EGD ($P < 0.05$). Sin embargo, al ajustar el AML por peso de la canal, se encontró que a mayor EGD el AML ($\text{cm}^2/100 \text{ kg}$ de canal) disminuyó (Cuadro 4.5), lo que indica que los animales con menor EGD poseen una mayor musculatura con relación al peso de la canal y menor PCC, lo cual se reflejó en un mayor RCD de la canal (USDA, 1997). Estos resultados coinciden con lo reportado por Lawrence *et al.* (2001), McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008).

En el trópico mexicano con ganado Pardo Suizo x Cebú, Hernández *et al.*, (2009) reportan canales de toretes engordados por 120 días en corral, canales con EGD de 0.42 cm. Por su parte, Méndez *et al.* (2009) reportan canales con EGD de 0.7 cm en novillos engordados en corral en el norte de México y Torrescano *et al.* (2010) reportan en novillos tipo comercial engordados en corral en Sonora, canales con EGD de 0.92 cm.

Peso de la canal caliente

La distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes categorías de PCC se muestran en la Figura 4.5.

Alrededor del 70 % de las canales tuvieron un peso entre 250 y 350 kg y el 15 % pesos menores de 250 kg y 15 % pesos superiores a 350 kg. Sólo el 2.4 % de las canales tuvieron un peso superior a 400 kg. En el norte de México, Méndez *et al.* (2009) y Torrescano *et al.* (2010) reportan canales entre 250 y 350 kg. Por su parte, Hernández *et al.* (2009) reportan pesos menores de 250 kg y Núñez-González *et al.* (2005) canales con peso entre 300 y 325 kg en la región sureste del país.

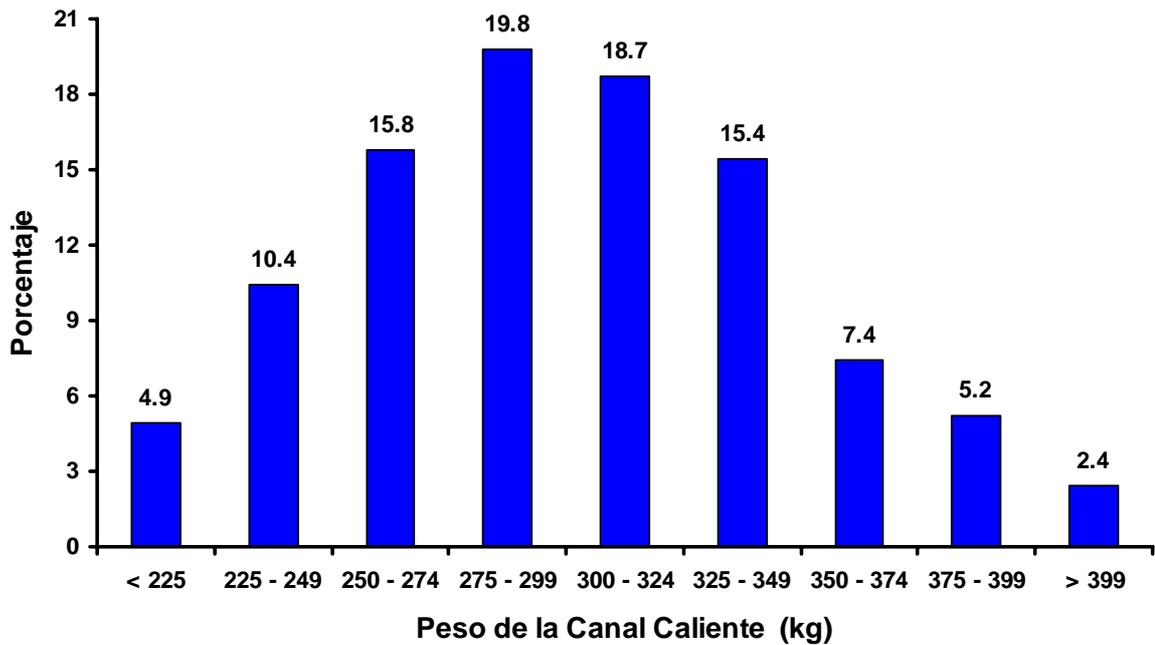


Figura 4.5. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 25 kg de peso de la canal caliente.

Los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE para características de calidad y rendimiento en cortes de la canal de novillos dentro de categoría de PCC se muestran en el Cuadro 4.6.

El PCC afectó ($P < 0.05$) todas las características de la canal analizadas. Al incrementar el peso aumentaron ($P < 0.05$) el GC, GR, GM, EGD y AML. El AML por cada 100 kg de PCC y el rendimiento esperado en cortes al detalle de la canal disminuyeron ($P < 0.05$) 4.9 cm² por cada 100 kg de PCC y 3.2 % el RCD, en los novillos con PCC menor de 250 kg y mayor o igual a 350 kg, respectivamente. El GC varió de *Select*^{bajo} a *Choice*^{bajo} para novillos con diferente peso. Estos resultados, son similares a las reportadas por Lorenzen *et al.* (1993), Boleman *et al.* (1998), McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008).

El EGD y AML también incrementaron al aumentar el PCC ($P < 0.05$). Sin embargo, al ajustar el AML por peso de la canal, se encontró que a mayor PCC el AML cm²/100 kg de canal disminuyó (Cuadro 4.6), lo que indica que los animales más livianos poseen una mayor musculatura con relación al peso de la canal y menor EGD, lo cual se refleja en un mayor rendimiento en cortes al detalle de la canal (USDA, 1997).

Cuadro 4.6 Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de peso de la canal caliente.

Característica	Categorías				EE
	Peso de la Canal Caliente, kg				
	< 250 (n=220)	250-299 (n=513)	300-349 (n=490)	>349 (n=217)	
Grado de calidad ¹	624.2 ^d	653.1 ^c	682.3 ^b	702.2 ^a	2.04
Grado de marmoleo ²	316.8 ^d	355.8 ^c	399.4 ^b	436.7 ^a	3.18
Grado de rendimiento	1.7 ^d	1.9 ^c	2.0 ^b	2.3 ^a	0.03
Espesor de grasa dorsal, cm	0.4 ^d	0.6 ^c	0.8 ^b	0.9 ^a	0.01
Grasa en RPC, %	1.6 ^d	2.0 ^c	2.3 ^b	2.5 ^a	0.02
Peso canal caliente, kg	230.5 ^d	277.0 ^c	322.5 ^b	376.9 ^a	0.66
AML, cm ²	69.9 ^a	80.1 ^b	88.3 ^b	96.0 ^b	0.38
AML cm ² /100 kg de canal	30.3 ^a	28.9 ^b	27.4 ^c	25.4 ^d	0.12
Rendimiento en cortes ³ , %	80.9 ^a	80.0 ^b	79.1 ^c	77.7 ^d	0.13

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=Standard⁰⁰, 600= Select⁰⁰, 700=Choice⁰⁰, 800=Prime⁰⁰.

² 100=Prácticamente nulo⁰⁰, 200=Trazas⁰⁰, 300=Ligero⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700=Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

abcd= Valores promedio con literales distintas en la misma hilera difieren (P<0.05).

El peso de la canal caliente y el espesor de la grasa dorsal están relacionados con la calidad y rendimiento en cortes. Algunos autores (Méndez *et al.*, 2009; López *et al.*, 2010; Torrescano *et al.*, 2010) mencionan que el peso de la canal preferido por los engordadores de bovinos en México, es entre 250 y 300 kg y espesor de grasa subcutánea entre 0.5 y 1.0 cm. Con estas características se obtienen canales de calidad más baja y menor valor numérico de grado de rendimiento y por lo tanto, mayor RCD debido al menor desperdicio de grasa excesiva.

En los Estados Unidos de Norteamérica, se busca mayor calidad y aceptable rendimiento en cortes, las canales son más pesadas (360 kg promedio) y tienen mayor EGD (1.3 cm promedio), lo cual se refleja en valores numéricos más altos de GR y por lo tanto menores porcentajes de rendimientos en cortes primarios y al detalle (García *et al.*, 2008).

Área del músculo *Longissimus dorsi*

La distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes categorías de AML se presentan en la Figura 4.6. De las canales evaluadas, alrededor de 32, 58 y 10 % tuvieron AML menores de 80, entre 80 y 100 y mayores

de 100 cm². Estos valores se consideran altos y son superiores a los reportados por McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008).

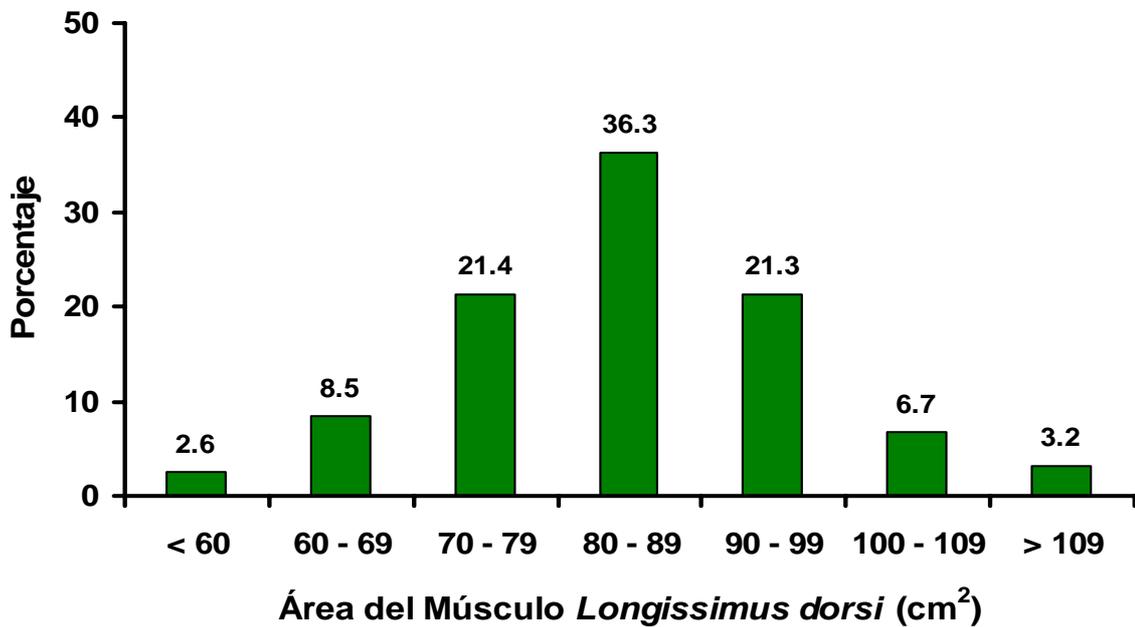


Figura 4.6. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 10 cm² de área del músculo *Longissimus dorsi*.

Los valores promedio estimados por mínimos cuadrados y EE promedio para características de la canal de novillos agrupados por AML se presentan en el Cuadro 4.7. Al incrementar el AML, el GC, PCC AML/100 kg de canal y el RCD aumentan ($P < 0.05$) en tanto el valor numérico de GR disminuye ($P < 0.05$). El EGD se mantiene constante a partir de AML mayores de 75 cm². Las diferencias en GC y GM, son atribuidas a diferencias en PCC. García *et al.* (2008) reportan que a similares pesos de la canal al incrementar el AML disminuye la calidad y el marmoleo y éstos a su vez aumentan al incrementar el PCC.

Área del músculo *Longissimus dorsi* por 100 kg de canal

La distribución de frecuencias de las canales de novillos con diferentes categorías de AML/100 kg de canal con incrementos de 2 %, se muestran en la Figura 4.7.

Cuadro 4.7. Valores promedio estimados por mínimos cuadrados y errores estándar (EE) promedio para características de la canal de novillos dentro de grupos de área del músculo *Longissimus dorsi*.

Característica	Área del Músculo <i>Longissimus dorsi</i> , cm ²				EE
	< 75 (n= 288)	75 – 84 (n= 446)	85 – 94 (n=451)	> 94 (n= 255)	
Grado de calidad ¹	642.3 ^c	658.5 ^b	676.8 ^a	683.6 ^a	2.42
Grado de marmoleo ²	343.9 ^c	364.4 ^b	390.9 ^a	403.8 ^a	3.80
Grado de rendimiento	2.3 ^a	2.0 ^b	1.9 ^c	1.6 ^d	0.03
Espesor de grasa dorsal, cm	0.6 ^b	0.7 ^a	0.7 ^a	0.7 ^a	0.02
Grasa en RPC, %	1.9 ^c	2.0 ^b	2.2 ^a	2.3 ^a	0.03
Peso canal caliente, kg	253.0 ^d	285.8 ^c	316.9 ^b	349.4 ^a	1.61
AML, cm ²	66.8 ^d	79.7 ^c	88.4 ^b	100.5 ^a	0.21
AML cm ² /100 kg de canal	26.7 ^c	28.2 ^b	28.2 ^b	29.0 ^a	0.14
Rendimiento en cortes ³ , %	78.3 ^c	79.3 ^b	79.6 ^b	80.9 ^a	0.14

RPC= Riñón, pelvis y corazón. AML= Área del músculo *Longissimus dorsi*.

¹ 500=Standard⁰⁰, 600= Select⁰⁰, 700=Choice⁰⁰, 800=Prime⁰⁰.

² 100=Prácticamente nulo⁰⁰, 200=Trazas⁰⁰, 300=Ligero⁰⁰, 400=Pequeño⁰⁰, 500=Modesto⁰⁰, 600=Moderado⁰⁰, 700=Ligeramente Abundante⁰⁰.

³ Rendimiento esperado en cortes al detalle, parcialmente deshuesados y recortados de grasa excesiva.

abcd= Valores promedio con literales distintas en la misma hilera difieren (P<0.05).

Del total de canales evaluadas, el 25.2 % tuvieron un AML cm²/100 kg de canal mayor o igual a 30 cm²/100 kg de canal, 57.8 % con área entre 25 y 30 cm²/100 kg de canal y solamente, 17 % con áreas menores a 25 cm²/100 kg de canal.

El promedio de AML cm²/100 kg de canal del total de canales evaluadas fue mayor 4 cm²/100 kg de canal (28.1) que lo reportado en las auditorias nacionales de la carne de bovino realizadas en los Estados Unidos por Lorenzen *et al.* (1993), Boleman *et al.* (1998), McKenna *et al.* (2002) y García *et al.* (2008) de 24.2, 24.2, 23.7 y 24 cm²/100 kg de canal, respectivamente. Lo anterior indica que los porcentajes esperados en cortes de la canal son mayores y menor el desperdicio en grasa de las canales evaluadas en el presente estudio.

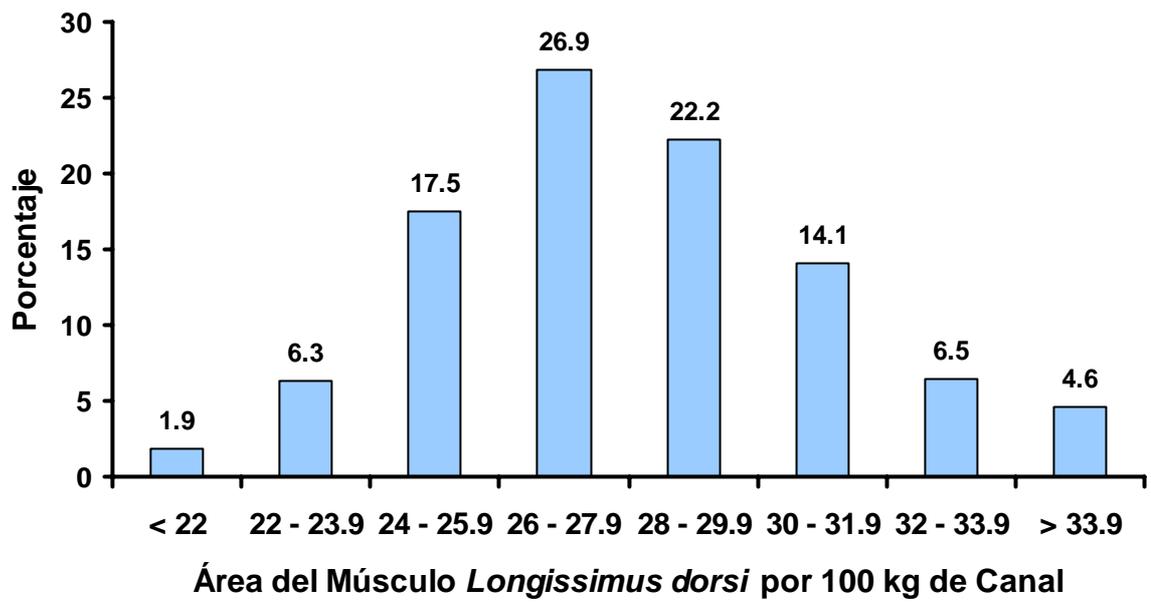


Figura 4.7. Distribución porcentual de canales de novillos agrupados por incrementos de 2.0 cm² de área del músculo *Longissimus dorsi* por 100 kg de canal.

5. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio se puede concluir lo siguiente:

- 1.- Al incrementar el espesor de grasa dorsal y peso de la canal caliente, se obtienen canales de mayor calidad y valor numérico de grado de rendimiento y por lo tanto, disminuye el porcentaje en cortes de la canal.
- 2.- Las canales con mayor área del músculo *Longissimus dorsi* ajustadas por peso de la canal, fueron de menor calidad y menor valor numérico de grado de rendimiento y por lo tanto mayor porcentaje de cortes de la canal.
- 3.- Más del 80 % de las canales evaluadas, presentan grados de calidad (*Select* y *Choice*) y rendimiento (1 y 2) aceptables en el mercado de la carne de res.
- 4.- Se confirma el antagonismo que existe entre calidad y rendimiento en cortes de la canal.
- 5.- Los productores de la industria de la carne bovina pueden mejorar las decisiones de manejo para producir canales de mayor calidad y rendimiento en cortes.

6. RESUMEN

Con el objetivo de evaluar las características de los factores que determinan los grados de calidad y rendimiento de la canal (utilizando los criterios del USDA, 1997), se analizaron datos de 1440 canales de novillos tipo comercial, grado de madurez A, colectados de 1991 a 2011 en el rastro municipal de Sabinas, Coahuila. Los animales fueron alimentados en corral durante 134 días promedio. Los datos de la canal, fueron analizados en forma independiente por medio de un diseño completamente al azar con arreglo factorial año (21; 1991-2011) y cada una de los siguientes grupos: grado de calidad (GC, 3), grado de rendimiento (GR, 3), espesor de grasa dorsal (EGD, 4), peso de la canal caliente (PCC, 4) área del músculo *Longissimus dorsi* (AML, 4) y sus interacciones, con diferente número de unidades experimentales. Los valores promedio para peso al sacrificio (PS) y características de la canal fueron: PS, 496.2 kg; GC, *Select*⁶⁶; grado de marmoleo, Liger⁷⁷; GR, 1.9; EGD, 0.7 cm, grasa en riñón pelvis y corazón (RPC) 2.1 %; PCC, 300.5 kg; AML, 83.7 cm²; AML/100 kg PCC, 28.1 cm² y rendimiento esperado en cortes al detalle (RCD) 79.5 %. De las canales evaluadas, 33, 51 y 16 %, tuvieron GM Pequeño o mayor, Liger y Trazas o menor y GC *Choice* ó mayor, *Select* y *Standard*, respectivamente. Noventa y cuatro por ciento grados de rendimiento 1 y 2. EGD menores de 0.5, entre 0.5 y 1.0 y mayores de 1.0 cm se obtuvieron en el 25, 55 y 15 % de las canales, respectivamente. Setenta por ciento de las canales pesaron entre 250 y 350 kg, 68 % AML mayores de 80 cm² y 85 % AML mayores de 25 cm²/100 kg de canal. Se encontró efecto significativo ($P < 0.05$) de año sobre todas las características de la canal analizadas. Al incrementar el EGD, PCC, AML, los GM, GC y GR aumentaron ($P < 0.05$) y disminuyeron ($P < 0.05$) el AML/100 kg de canal y el porcentaje esperado en cortes de la canal. Estos resultados indican que el EGD, PCC y AML pueden ser utilizados por los productores de la industria de la carne bovina para producir canales de mayor calidad y rendimiento en cortes.

Palabras clave: Características de la canal, grado de calidad, grado de rendimiento, novillos.

7. LITERATURA CITADA

- BIF. 2010. Beef Improvement Federation. Guidelines for uniform beef improvement programs. 9th Ed. North Carolina State University. Raleigh, NC. U.S.A. pp 34-38.
- Boleman, S.L., S.J. Boleman, W.W. Morgan, D.S. Hale, D.B. Griffin, J.W. Savell, R.P. Ames, M.T. Smith, J.D. Tatum, T.G. Field, G.C. Smith, B.A. Gardner, J.B. Morgan, S.L. Northcutt, H.G. Dolezal, D.R. Gill y F.K. Ray. 1998. National Beef Quality Audit-1995: survey of producer-related defects and carcass. J. Anim. Sci. 76:96-03.
- Corah, L. and M. McCully. 2007. Declining quality grades: A review of factors reducing marbling deposition in beef cattle. Disponible en: www.Cabpartners.com/news/research/declining-quality-grades.pdf. Consultado: Junio 11 de 2011.
- Drake, D.J. 2004. Understanding and improving beef cattle carcass quality. Publication 8130. University of California. Agriculture and Natural Resources. Disponible en: [Http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8130.pdf](http://anrcatalog.ucdavis.edu/pdf/8130.pdf). Consultado: Septiembre 22 de 2011. 23 p.
- García, L.G., K.L. Nicholson, T.W. Hoffman, T.E. Lawrence, D.S. Hale, D.B. Griffin, J.W. Savell, D.L. VanOverbeke, J.B. Morgan, K.E. Belk, T.G. Field, J.A. Scanga, J.D. Tatum y G.C. Smith. 2008. National Beef Quality Audit-2005: Survey of targeted cattle and carcass characteristics related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers. J. Anim. Sci. 86:3533-3543.
- Hale, D.S., K. Goodson, and J.W. Savel. 2010. Beef quality and yield grades. Department of Animal Science. Texas Agricultural Extension Service. Texas A&M University, College Station TX. Disponible en: <http://meat.tamu.edu/beefgrading.html>. Consultado: Septiembre 15 de 2011.
- Hernández B., J., A. Gómez V., F.A. Núñez G., F.G. Rios R., G.D: Mendoza M., J.A. García M., Y. Villegas A., D. Hernández S. y B.M. Joaquín T. 2009. Rendimiento de la canal y de los componentes no cárnicos de toretes pardo suizo x cebú en tres sistemas de alimentación en clima cálido húmedo. Universidad y Ciencia Trópico Húmedo. 25:173-180.
- Lawrence, T.E., J.D. Whatley, T.H. Montgomery, and L.J. Perino. 2001. A comparison of the USDA ossification-based maturity system to a system based on dentition. J. Anim. Sci. 79:1683-1690.
- Lawrence, T.E., R.L.Farrow, B.L. Zollinger, and K.S. Spivey. 2008. Thechnical note: The United States Department of Agriculture beef yield grade equation requires modification to reflect the current *Longissimus* muscle area to hot carcass weight relationship. J. Anim. Sci. 86:1434-1438.
- López P., M.G. y Rubio L.M.S. 1998. Tecnología para la evaluación objetiva de las canales de animales de abasto. Vet. Mex., 29:279-289.

- López P., M.G., R.M. Muñoz, R.J.A. Leos y E.F. Cervantes. 2010. Innovación en valor en la industria cárnica bovina mexicana: estrategias que adoptan los líderes de mercado. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 1(4):417-432.
- Lorenzen, C.L., D.S. Hale, D.B. Griffin, J.W. Savell, K.E. Belk, T.L. Frederick, M.F. Miller, T.H. Montgomery y G.C. Smith. 1993. National Beef Quality Audit: survey of producer-related defects and carcass quality and quantity attributes. *J. Anim. Sci.* 71:1495-1502.
- McKenna, D.R., D.L. Roebert, P.K. Bates, T.B. Schmidt, D.S. Hale, D.B. Griffin, J.W. Savell, J.C. Brooks, J.B. Morgan, T.H. Montgomery, K.E. Belk y G.C. Smith. 2002. National Beef Quality Audit-2000: survey of targeted cattle and carcass related to quality, quantity, and value of fed steers and heifers characteristics. *J. Anim. Sci.* 80:1212-222.
- Méndez, R.D., C.O. Meza, J.M. Berruecos, P. Garcés, E.J. Delgado, y M.S. Rubio. 2009. A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. *J. Anim. Sci.* 87:3782-3790.
- NMX-FF-078-1991. 1991. Norma Mexicana. Productos Pecuarios – Carne de bovino en canal – Clasificación. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de septiembre de 1991.
- NMX-FF-SCFI-078-2002. 2002. Norma Mexicana. Productos Pecuarios – Carne de bovino en canal – Clasificación. 15p. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Dgg/FTP/nmx-ff-078-scfi-2002.pdf>. Consultada 23 de septiembre de 2011.
- Núñez-González, F.A., J.A. García-Macías, F. Ríos, J. Hernández y J. Jiménez. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. *Tec. Pecu. Méx.* 43:219-228.
- Owens, F.N., and B.A. Gardner. 2000. A review of the impact of feedlot Management and nutrition on carcass measurements of feedlot cattle. *Proc. Amer. Soc. of Anim. Sci. J. Anim. Sci.* 77:1-18.
- Park, G.B., S.S. Moon, Y.D. Ko, J.K. Ha, J.G. Lee, H.H. Chang, y S.T. Joo. 2002. Influence of slaughter weight and sex on yield and quality grades of Hanwoo (Korean native cattle) carcasses. *J. Anim. Sci.* 80:129-136.
- Peel, D.S., K.H. Mathews Jr, and R.J. Johnson. 2011. Trade, the expanding Mexican beef industry, and feedlot and stocker cattle production in Mexico. United States Department of Agriculture (USDA). Economic Research Service. Disponible en: www.ers.usda.gov/Publications/LDP/2011/08Aug/LDPM20601/Ldpm20601.pdf. Consultado: Noviembre 01 de 2011.
- Reglamento del servicio de clasificaciones de ganados y carnes para el Estado de Sonora. 1969. Comité Estatal de Fomento y Defensa de la Ganadería. Gobierno del Estado de Sonora. Secretaria de Agricultura, Ganadería y Asuntos Agrarios. Publicado en el Periódico Oficial No. 36 del 10 de Abril de 1969.

- Reglamento para la actualización del servicio de clasificaciones y especificaciones de carnes de ganado para el Estado de Sinaloa. Gobierno del Estado de Sinaloa. 1986. Gobierno del Estado de Sinaloa. Publicado en el Periódico Oficial No. 146, segunda sección, del 05 de Diciembre de 1986.
- Reglamento para el funcionamiento del servicio de clasificación de ganados y carnes para el Estado de Nuevo León. 1989. Gobierno del Estado de Nuevo León. Secretaria de Fomento Agropecuario.
- Reglamento para el funcionamiento del servicio de clasificación de ganados y carnes para el Estado de Coahuila de Zaragoza. 1990. Gobierno del Estado de Coahuila. Secretaría de Fomento Agropecuario. Publicado en el Periódico Oficial No. 73, Tomo XCVII, del 11 de Septiembre de 1990.
- Reglamento para funcionamiento del servicio de clasificación de ganado y carnes para el Estado de Baja California. 1994. Gobierno del Estado de Baja California. Secretaria de Fomento Agropecuario. Publicado en el Periódico Oficial No. 9, tomo CI del 04 de Marzo de 1994.
- Reglamento General del Acuerdo número 29 que creó el Servicio de Clasificación de carnes para el Estado de Chihuahua. 2000. Gobierno del Estado de Chihuahua. Secretaría de Desarrollo Rural. Publicado en el Periódico Oficial No. 39 del 13 de Mayo de 2000.
- Reglamento para el funcionamiento del servicio de clasificación de carnes para el Estado de Tamaulipas. 2004. Gobierno del Estado de Tamaulipas. Publicado en el Periódico Oficial No. 101 del 24 de Agosto de 2004.
- SAS. 1989. SAS/Stat. User's Guide (Release 6.12). SAS. inst. Inc. Cary, NC. U.S.A.
- Shook, J.N., D.L. VanOverbeke, J.A. Scanga, K.E. Belk, J.W. Savell, T.E. Lawrence, J.B. Morgan, D.B. Griffin, D.S. Hale, and G.C. Smith. 2008. The National Beef Quality Audit-2005, Phase I: Views of producers, packers, and merchandisers on current quality characteristics of the beef industry. Prof. Anim. Sci. 24:189-197.
- Tatum, J.D., K.E. Belk, T.G. Field, J.A. Scanga, and G.C. Smith. 2006. Relative importance of weight, quality grade, and yield grade as drivers of beef carcass value in two grid-pricing systems. Prof. Anim. Sci. 22:41-47.
- Torrescano U., G.R., A. Sánchez E., M.G. Vásquez P., R. Paz P., y D.A. Pardo G. 2010. Caracterización de canales y de carne de bovino de animales engordados en la zona centro de Sonora. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 1:157-168.
- USDA. 1997. Official United States Standards for Grades of Carcass Beef. Agric. Marketing Serv., Livest. Seed Div., Washington, D.C.
- Vilaboa A., J., P. Díaz R., O. Ruiz R., D. Platas R., y F. Juárez L. 2009. Factores relacionados con la calidad de la carne bovina mexicana. Disponible en: www.engormex.com/factores_influyen_calidad_carne_s_articulo-2490-GDC.htm. Consultado: Octubre 05 de 2011.