

Universidad Autónoma de Baja California
Instituto de Ciencias Agrícolas



PREDICCIÓN DE GRASA CORPORAL DE NOVILLOS LIVIANOS DE ENGORDA

**PARA OBTENER EL GRADO DE
DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS**

PRESENTA:

JOSE LENIN LOYA OLGUIN

**DIRECTOR DE TESIS
Ph. D. Richard A. Zinn
Dr. Enrique Alvarez Almora**

Esta tesis se realizo bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el grado de:

DOCTOR EN CIENCIAS AGROPECUARIAS

Consejo Particular

PH. D. RICHARD AVERY ZINN
DIRECTOR DE TESIS

DR. ENRIQUE ALVAREZ ALMORA
CO-DIRECTOR

DRA. NOEMI GUADALUPE TORRENTERA OLIVERA
SINODAL

DR. MARTIN MONTAÑO
SINODAL

DR. FERNANDO CALDERON
SINODAL

AGRADECIMIENTOS

A CONACYT por el apoyo otorgado para la realización de mis estudios de Doctorado y estancia en el Desert Research and Extension Center (DREC).

A la Universidad Autónoma de Baja California y el Instituto de Ciencias Agrícolas por permitirme realizar mis estudios de Postgrado.

Al DREC por la facilidades proporcionadas durante mi estancia.

Al Ph. D. Richard A. Zinn por sus enseñanzas durante mi estancia en el DREC y colaboración en la realización y revisión de este trabajo.

Al Dr. Enrique G. Álvarez Almora por el apoyo brindado durante mis estudios y en la realización de este trabajo.

A la Dra Noemi Guadalupe Torrentera Olivera por sus clases y ayuda en la revisión de la presente tesis.

Al Dr. Martin Montaña por el conocimiento transmitido y su colaboración en la revisión de este trabajo.

Al Dr. Fernando Calderon Cortes por lo enseñado y su apoyo en la revisión de esta tesis.

A mis compañeros y amigos de postgrado Ramses Carrasco, Angel Arrizon, Paco Loya, Juan Augusto Hernandez y Ulises Aguilar por todo su apoyo.

DEDICATORIA

A mi esposa Cynthia por su amor y comprensión.

A mi hija Regina

A mis Padres José y Mercedes por todo el apoyo.

A mis hermanos Francisco y Jakovski por ser buenos amigos míos.

CONTENIDO

CARTA AL COMITÉ.....	
AGRADECIMIENTOS.....	
DEDICATORIAS.....	
CONTENIDO.....	
LISTA DE CUADROS Y FIGURAS.....	
RESUMEN.....	
ABSTRACT.....	
INTRODUCCION.....	
REVISION DE LITERATURA.....	
Composición corporal.....	
Grasa corporal.....	
Relación de la grasa de la canal y consumo.....	
Factores que influyen en la composición de la canal.....	
Dieta o nutrición.....	
Peso inicial.....	
Sexo.....	
Raza.....	
Edad.....	
Alimentación previa y/o crecimiento compensatorio.....	
Tipo y numero de implantes.....	
Numero de días en dieta de finalización.....	
Predicción de la grasa corporal.....	
Grasa corporal al inicio del periodo de engorda.....	
Relación entre grasa de la canal y composición de la canal.....	
Proteína corporal.....	
Gravedad específica.....	
Tasa de crecimiento.....	
MATERIALES Y METODOS.....	
RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	
Características de comportamiento.....	
Peso inicial.....	
Peso final.....	
Días en corral.....	
Ganancia diaria de peso.....	
Características de la canal.....	
Grosor de la grasa dorsal.....	
Relación entre peso y grasa corporal.....	
Relación entre grasa corporal y características de la canal.....	
CONCLUSIONES.....	
CUADROS.....	
FIGURAS.....	
LITERATURA CITADA.....	

LISTA DE CUADROS

1. Promedios y desviaciones estándar de las características de comportamiento de novillos cruzados
2. Promedios y desviaciones estándar de las características de la canal
3. Correlaciones Pearson entre las características de comportamiento
4. Correlaciones Pearson entre las características de la canal

LISTA DE GRAFICAS

1. Relación entre peso maduro y grosor de la grasa dorsal
2. Relación entre el grosor de la grasa dorsal y la fracción del peso maduro
3. Grasa corporal predicha con la ecuación de Guiroy et al (2001)
4. Relación entre marmoleo y peso final vacío en becerros
5. Efecto del número de días en el marmoleo de becerros

RESUMEN

Relaciones entre características de la canal y parámetros de comportamiento fueron evaluados de una base de datos con 1122 novillos cruzados con un peso inicial promedio de x alimentados con dietas altas en energía por más de 90 días, con la finalidad de elaborar una ecuación de predicción de grasa corporal para animales livianos. Peso inicial, peso final, número de días en corral fueron las medidas de comportamiento con que se contaron y las características de la canal fueron peso de la canal caliente (PCC), grasa de riñón, pelvis y corazón (KPH), grosor de la grasa dorsal (GGD), marmoleo (MRM), área del músculo Longissimus dorsis (LMA), peso del cuarto delantero y trasero bajo el agua. El porcentaje de grasa de la canal (EBF) se obtuvo mediante las ecuaciones de densidad de Garrett y Hinman (1969). El PI observado, ligeramente menor de 200 kg, corresponde al de becerro. En general, se observó que al aumentar PI, disminuye el número de días en corral pero aumenta PF y ADG; PI aumenta positivamente con PCC y LMA, pero negativamente con KPH, GGD y MRM. MRM no se correlacionó con el PCC ($r=0.08$): EBF fue correlacionada principalmente con GGD ($r=0.62$). Se observó que los novillos llegan al corral sin grasa subcutánea, que empiezan a presentar GGD cuando tienen más de 20 % EBF y obtienen 28 % de EBF con un promedio de 1.5 cm de GGD. La predicción de EBF de novillos con ecuaciones elaboradas con añosos no es muy exacta, por ejemplo la ecuación de Guiroy et al., (2001) la cual relaciona EBF con características de la canal ($EBF, \% = 17.76207 + 4.68142 \text{ GGD} + 0.01945 \text{ PCC} + 0.81855 \text{ QG} - 0.06754 \text{ LMA}$) explica solamente el 40 % de la variación en EBF de los novillos de este trabajo, esto se debe a la diferencia en el tipo de animales utilizados en la

elaboración de la ecuación y el grupo de animales donde se aplica, añeros y becerros, respectivamente. Se concluye las características de la canal se diferencian entre becerros y añeros incluyendo grasa subcutánea la cual tiene el mayor impacto en la predicción. Por lo tanto, deben existir ecuaciones tan específicas como se posible para cada tipo de animal, ya que si se emplean las ecuaciones universalmente se espera que la predicción no sea precisa.

ABSTRACT

Carcass characteristics and feedlot performance relationships were evaluated from a data base that consists of 1122 crossbreed steers with an average initial body weight that were fed high concentrate diet for an average of days with the aim to elaborate empty body fat prediction equation suitable for light weight steers. Feedlot performance data include initial body weight (PI), final body weight (PF), and days on feeding. Carcass characteristics were hot carcass weight (PCC), kidney, pelvis and heart fat (KPH), subcutaneous fat thickness (GGD), marbling (MRM), Longissimus dorsi muscle area (LMA), hind and fore quarter weight under water. Empty body fat percentage (EBF) was obtained by Garrett y Hinman(1969). PI observed, (< 200 kg), corresponds to calves. Generally, as PI increase, days on feed decrease but PF and ADG increase. PI increase positively with PCC and LMA, and negatively to GGD, MRM, and KPH. MRM and PCC were not correlated each other ($r=0.08$). EBF was correlated to GGD mainly ($r= 0.62$). When calves arrived to feedlot did not have GGD, they began to have GGD above 20 % EBF and had 1.5 cm when they reach 28 % EBF. EBF prediction with equations elaborated with yearlings is not accurate. Guiroy et al. (2001) equation relating carcass characteristics to EBF explain 40 % of the variation in EBF of steers. This is due to the difference in animals utilized when Guiroy et al., equation was made and animals in the present work, yearlings and calves respectively. We conclude that carcass characteristic differ between yearling and calves including fat thicknes which have in EBF prediction. Therefore, EBF prediction equations must be as specific as possible for each type of cattle, because the use of equations universally can lead to make inaccurate prediction.

INTRODUCCION

La predicción de la composición corporal del ganado, tanto en vivo como en la canal es importante en todos los segmentos de la industria de la carne (Miller *et al.*, 1988). Esta tiene utilidad en el desarrollo de las pruebas de progenie, en la evaluación de la canal y en experimentos de nutrición (Karnuah *et al.*, 2001). Adicionalmente, posee amplia aplicación en la predicción de los requerimientos de energía del ganado (NRC, 2000) y para asignar, en forma individualizada, el costo por concepto de alimentación (Guiroy *et al.*, 2001).

Una predicción adecuada de la composición de la canal es una herramienta útil para valorar el impacto en el beneficio económico obtenido del ganado cosechado. En ese sentido, se han desarrollado ecuaciones de predicción, relacionando el porcentaje de grasa corporal con el peso de la canal, grasa intramuscular, madurez fisiológica, el porcentaje de rendimiento de producto vendible considerando que éstos son factores determinantes en el beneficio económico esperado (Lawrence *et al.*, 2008), grasa subcutánea (Brethour, 2000) y peso vivo (Simpfendorfer, 1974; Owens *et al.*, 1995).

Las ecuaciones existentes no son precisas, ya que se generaron por un lado, utilizando un amplio rango en los datos de edad y peso (Simpfendorfer 1974), o con añeros y su aplicación con becerros es limitada. El peso corporal tiene aplicaciones aceptables como predictor del peso maduro del animal, pero la rapidez con que se llega a éste, o los cambios en la composición corporal durante las diferentes etapas de la engorda es ignorado. Estos dependen en gran medida del peso y la condición corporal con que inician la engorda, así como la tasa de ganancia de peso observado durante la engorda (Zinn *et al.*, 2008).

Teóricamente, lo ideal sería incluir en las ecuaciones todos los factores que afectan la composición de la canal, entre los que se encuentran el tipo de dieta, raza, edad, alimentación previa al periodo de engorda y/o crecimiento compensatorio, tipo o número de implantes, medio ambiente, número de días en confinamiento, entre otros, pero es prácticamente imposible e impráctico incluirlos a todos en las ecuaciones, por lo que se debe de pensar incluir sólo aquellos que tienen un mayor efecto.

El objetivo del presente trabajo es el estudio de la relación entre características de la canal y grasa corporal del ganado cruzado que ingresa al corral liviano para elaborar una ecuación que mejore su predicción.

REVISION DE LITERATURA

COMPOSICION CORPORAL

La industria de la carne se interesa en tres tejidos de la canal: músculo, grasa y hueso. La canal contiene principalmente músculo, grasa y hueso, aproximadamente 55-60%, 25-30% y 14-16%, respectivamente en la etapa de finalización. Una canal de buena calidad es caracterizada por una baja proporción de hueso, alta proporción de músculo y una cantidad optima de grasa (Taylor, 1992). Las proporciones de cada componente varían durante la vida, lo cual se debe conocer para tomarlos en cuenta en la nutrición y para realizar la cosecha con la composición óptima.

Según Weiss (2000), llevan un orden cronológico de maduración lo diferentes tejidos, nervioso, óseo, muscular y adiposo

GRASA CORPORAL

La grasa es el componente químico de la canal mas variable en cantidad y en la forma que se reparte entre los diversos depósitos a lo largo del proceso de crecimiento (Berg y Butterfield, 2006). Según Tylutki *et al.* (1994), el excedente de energía para mantenimiento, acreción de proteína y DNA son depositados como grasa.

Generalmente la masa de grasa corporal incrementa cuadráticamente con relación al peso, mientras que la masa de proteína incrementa linealmente; esto es una lógica consecuencia de tener una ganancia más rápida de grasa que de proteína (Owens *et al.*, 1995). Rompala *et al.* (1985), observaron que las tasas de crecimiento de masa libre de grasa, es menos variable que la deposición de grasa, relativo a ganancia diaria de peso y peso corporal.

La proporción de agua de la canal es inversamente relacionada con la proporción de grasa de la canal, así los animales gordos contienen menos agua (Salinas *et al.*, 1997).

Clásicamente, el porcentaje de rendimiento ha sido correlacionado con grasa de la canal o grado de finalización. Porcentaje de grasa de la canal y rendimiento típicamente aumenta con el peso de sacrificio (Owens *et al.*, 1995). También se ha demostrado que incrementos de ganancia de peso promueve la deposición de grasa, lo cual es un reflejo del consumo de energía mayor a las necesidades de mantenimiento y crecimiento magro (Rompala *et al.*, 1985).

Los consumidores de carne cada vez son mas concientes de la salud y tienden al consumo de productos cárnicos mas magros, sin embargo, al mismo tiempo no quieren sacrificar la calidad (Savell *et al.*, 1987). Actualmente, el grado de marmoleo es la característica de la canal con el mayor efecto en el grado de calidad de la canal de USDA en canales de animales jóvenes (< 42 meses de edad al sacrificio) (May *et al.*, 1992).

RELACION DE GRASA DE LA CANAL Y CONSUMO

Se ha observado que el consumo de materia seca, disminuye conforme la grasa de la canal aumenta, o se aproxima al peso maduro, lo cual se evidencia cuando el consumo disminuye en los últimos días de la etapa de finalización; Owens *et al.* (1995), observaron que el llenado de el tracto digestivo disminuyó de 15.6 a 8.5% del peso del animal dietado (*shrunk weight*) al aumentar el tiempo con la dieta de finalización, Reid y Robb (1971), especularon que la grasa reduce el volumen del tracto digestivo; por otra parte Buckley *et al.* (1990) señalan que maduración y la dieta pueden estar involucradas con este cambio, porque cuando niveles altos de forraje son

proporcionados en la dieta de finalización, el porcentaje de llenado gastrointestinal puede no disminuir.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA COMPOSICION DE LA CANAL

Existen diferentes factores que afectan la composición de la canal, como son raza, edad, peso, sexo, alimentación previa al periodo de engorda y/o crecimiento compensatorio, tipo o número de implantes, medio ambiente, numero de días en confinamiento.

DIETA O NUTRICION

La composición corporal depende de factores genéticos y medioambientales. De los factores medioambientales, el más importante es la dieta, de la cual va depender la disponibilidad de nutrientes que tiene el animal para el crecimiento de sus tejidos. En general, se espera que se alcance el crecimiento máximo de los tejidos más rápido, esto es a una edad más temprana o con menor peso corporal, si ha existido disponibilidad de nutrientes. Periodos de alimentación energética más prolongados a cierto peso inicial, típicamente incrementa peso vivo final, peso de la canal, rendimiento de la canal, área del longísimus, grosor de la canal y grado de calidad (Zinn *et al.*, 1970). Por ejemplo, Comerford *et al.* (1992), observaron que novillos Holstein alimentados con ensilado de maíz tuvieron un mayor porcentaje de grasa corporal (EBF) y mas bajo porcentaje de proteína corporal (EBP) que los Holstein alimentados con heno de alfalfa. Por esta razón Tedeschi *et al.* (2004), sugieren reducir el peso final ajustado (AFBW, *adjusted Final Body Weight*) 5% a los becerros alimentados con raciones altas en energía, desde el destete

hasta la cosecha, e incrementar AFBW 5% a los becerros que estuvieron en programas con bajas tasas de crecimiento por tiempos largos antes de obtener la dieta de finalización alta en energía. Esto quiere decir que los animales con disponibilidad de energía obtendrán la madurez composicional a un peso menor que aquellos que no la tienen.

PESO INICIAL

El peso inicial se refiere al peso con el que ingresan los animales a un corral de engorda. Es un factor importante que influye en la composición corporal (Millar *et al.*, 1988); Hicks *et al.* (1990), señalan que este es el factor principal que afecta el consumo de materia seca (DMI) de novillos en corral de engorda. Zinn *et al.* (2008), observaron que los animales con pesos iniciales más grandes tuvieron los siguientes indicadores mayores: ganancias diarias de peso, consumos de materia seca y pesos finales, y por otro lado, menores porcentajes de rendimiento; al aumentar el consumo de materia seca produjo que la conversión alimenticia y rendimiento de la canal disminuyeran, es decir obtuvieron la madurez composicional a pesos mayores. Por su parte Hamlin *et al.* (1995), señalan que animales livianos depositan mayor grasa subcutánea que los pesados, lo que implica que los animales livianos alcancen el grosor de grasa dorsal (1.27 cm) a un peso menor.

Thonney *et al.* (1991), observaron que animales con mayor peso inicial dentro de cada raza estudiada (Holstein vs Simmental x Angus), produjeron cortes con mejoras significantes en jugosidad, intensidad de sabor y aceptabilidad en general que los animales con pesos iniciales livianos. Zinn (2010; comunicación personal), señala que de los grupos de animales con

pesos livianos, un menor porcentaje califican como Choice, o mayor comparado con un grupo de animales pesados.

SEXO

Hembras depositan grasa más temprano que machos castrados o enteros; a un mismo peso los machos enteros son más magros, los novillos intermedios y las hembras las menores, por lo tanto las vaquillas son cosechadas con pesos más livianas (100 -200 lb), que los novillos para que tengan una misma composición (Taylor, 1992). Es decir, bajo las mismas condiciones de alimentación, aun un peso dado, las hembras serán las mas engrasadas, los novillos intermedios y los toros los menos engrasados. Además, de las diferencias en los pesos a los que comienzan el engrasamiento, parece ser que las hembras se engrasan con una mayor rapidez que los machos castrados y estos, a su vez, más rápido que los toros. Cuando estos tres sexos obtengan el mismo porcentaje de grasa, los toros tendrán una mayor relación musculo: hueso que los novillos, y los novillos tendrán una relación similar a las vaquillas.

RAZA

Tambien existe diferencia en el peso maduro entre razas, aquellas de talla grande obtienen su peso maduro mayor que aquellas de madurez temprana, quiere decir que a un peso determinado, bajo un mismo régimen de alimentación va haber diferencia en composición. Korver *et al.* (1987), indicaron que la composición de la canal se diferenció entre grupos de razas, aun después de ajustarse al grado de madurez. Priyanto *et al.* (1997), señalan que

aquellas ecuaciones que omitan la raza no deben ser utilizadas para la predicción, ya que encontraron diferencias en la composición de las canales debidas al efecto raza. Guiroy *et al.* (2001), están de acuerdo con lo anterior, ya que observaron que la variación de la predicción de grasa corporal fue disminuida, cuando se incluyó raza en el modelo, pero señalan que la identificación de raza, en la practica, puede ser complicado por el uso extensivo de ganado cruzado.

Tambien, puede existir diferencia entre razas aunque tengan el mismo peso maduro dependiendo si son razas especializadas en la producción de carne o leche. Se ha encontrado que novillos Holstein se diferencian de las razas de carne en el sitio de deposición de grasa (Comerford *et al.*, 1992), ya que depositan una más alta proporción de grasa interna que no forman parte de la canal, con lo cual se diferencian de las razas productoras de carne tradicionales (Dolezal *et al.*, 1993). Kempster (1981), sugirió que la selección de la raza Holstein para alta producción de leche ha conducido indirectamente al incremento en la distribución de depósitos internos de grasa para proveer energía más rápidamente durante periodos de alta demanda de energía, como es la lactación. Tambien, se ha observado que las razas especializadas en la producción de carne tienen una mayor relación musculo:hueso comparadas con las razas lecheras (Torretera, 2005).

Por otro lado, respecto a la grasa intramuscular, Thonney *et al.* (1991), encontraron que el grado de marmoleo no fue afectado por la raza, peso inicial o implante, cuando compararon cortes de Holstein y Simmental x Angus, con diferentes pesos iniciales e implantados o no implantados con Revalor.

EDAD

De acuerdo con Schoonmaker *et al.* (2002), la deposición de la grasa y área de la costilla es afectada por la edad de ingreso de los animales a los corrales de engorda, ya que encontraron que los animales que ingresaron más jóvenes al corral (111 d), presentaron un área del músculo longísimus mayor que los animales que ingresaron a los 202 d o 371 d de edad, y los animales jóvenes (111 d y 202 d) tuvieron grados de calidad mayores, sugiriendo que el ingreso de los animales jóvenes al corral resulta en una deposición de grasa intramuscular mayor, además evita canales sobrepasadas, por lo tanto recomiendan que los toretes deben ingresar al corral antes de los 205 d de edad. También se ha observado, que animales destetados tempranamente tienen ganancias más bajas, pero con más grasa del peso vacío, comparados con animales pastoreados varios meses antes de entrar al corral.

Hamlin *et al.* (1995), encontraron que edad y peso son altamente relacionados ($r=0.91$), lo cual es de utilidad, cuando se desconoce la edad, el peso puede reflejar la edad del animal.

ALIMENTACION PREVIA Y/O CRECIMIENTO COMPENSATORIO

Crecimiento compensatorio se describe como un periodo con tasa de crecimiento más rápida o eficiente, posterior a un periodo de estrés nutricional o ambiental. Drouillard *et al.* (1991), señalan que el crecimiento compensatorio es mayor después de una restricción de energía, que de una restricción de proteína.

Incremento de consumo de alimento en relación al peso, frecuentemente es citado como el principal factor que contribuye a incremento de la tasa de crecimiento (Lewis *et al.*, 1990). Carstens *et al.* (1991), han mostrado que el

crecimiento compensatorio fue atribuido grandemente al incremento del tamaño de los intestinos, más el peso del tracto digestivo y otros órganos internos, lo que implica una mayor capacidad de consumo.

Existen datos que muestran que con pesos similares, la grasa de la canal puede aumentar, disminuir o permanecer constante después de un periodo de realimentación (NRC, 2000). Inconsistencias observadas en el estudio del crecimiento compensatorio, se pueden atribuir a la interacción de la condición del animal y la dieta durante el periodo de realimentación (Lewis *et al.*, 1990). Restricción de nutrientes, particularmente proteína puede reducir el tamaño corporal, e incrementar el contenido de grasa (Owens *et al.*, 1993).

TIPO Y NUMERO DE IMPLANTES

Es comúnmente aceptado que agentes anabólicos incrementan ganancias diarias y mejoran la eficiencia cuando se le proporciona a ganado alimentado *ad libitum* (Hermesmeyer *et al.*, 2000). Implantes anabólicos influyen en la composición del ganado al incrementar la deposición de proteína y disminuir la de grasa (NRC, 2000). Lo que implica que los animales implantados obtienen la misma composición que los no implantados, pero a un peso mayor (Perry *et al.*, 1991). En general Guiroy *et al.* (2002), observaron que los animales control tuvieron ganancias diarias de peso y conversiones alimenticias menores que los implantados; encontraron incrementos en peso final ajustado a 28% de grasa en respuesta a la dosis, es decir aumentaron el peso, en el cual el animal alcanza la composición deseada (14 a 42 kg en novillos y 30 a 39 kg en vaquillas), el incremento fue mas bajo con los animales que recibieron implantes estrogénicos (Com ES), o dosis intermedia de

Estradiol - 17 β más Trenbolone, el incremento fue más alto con los animales que recibieron Revalor-S, Revalor-IS, or Rev-3 en la primera implantación y Revalor-S en la segunda.

Trenbolone acetato (andrógeno sintético) y el estrógeno sintético Zeranol promueven el crecimiento al disminuir la degradación de proteína. Ambas hormonas trabajan en la reducción de recambio de proteína en vez de incrementar la síntesis de proteína. El efecto de las hormonas sexuales sintéticas dependen en cierto grado del sexo del animal; las hembras responden mejor a los andrógenos, los machos a los estrógenos y los animales castrados tienden a responder mejor a una combinación de andrógenos y estrógenos (Warris, 2000).

El estudio de Guiroy *et al.* (2002), y otros artículos indican que el efecto de los implantes anabólicos, se debe a una disminución de la proporción de consumo de materia seca requerida para mantenimiento, reducción en el contenido de energía de ganancia y eficiencia en el uso de energía absorbida.

B- AGONISTAS

Son compuestos farmacológicos que han demostrado un gran potencial para alterar la muscularidad y la proporción de tejido magro y grasa, por un lado, disminuyendo la producción de grasa (litogénesis) y aumentando la lipólisis y por otro, promueve la síntesis de proteína y disminuye la degradación de ésta; ejemplos de estos compuestos son el clenbuterol, cimaterol, salbutamol y la ractopamina.

A diferencia de los implantes, estos compuestos son efectivos en ambos sexos y se suministran al animal en el alimento en niveles de 1 – 10 ppm. El

rendimiento de la canal se mejora entre 5 y 6%, hay un incremento en desarrollo muscular y reducciones en la grasa subcutánea, intermuscular e intramuscular. Por otra parte, se ha observado que la carne es más dura y oscura. El color más oscuro se debe a reducción de glucógeno en el músculo en el sacrificio lo cual provoca un pH mayor. La disminución de la blandura puede ser resultado de la disminución de la actividad proteolítica postmortem y reducción de la grasa intramuscular.

NUMERO DE DÍAS DIETA DE FINALIZACION

Periodos más largos de alimentación a un peso de inicio determinado, típicamente incrementa porcentaje de rendimiento (May *et al.*, 1992) en el peso vivo final, peso de la canal, área del músculo longissimus, grosor de la grasa y calidad de la canal.

PREDICCIÓN DE LA GRASA CORPORAL

La predicción de la grasa de la canal es importante para la investigación científica e industria comercial de producción de carne, ya que su clasificación y remuneración económica es en base a ésta. Por lo tanto desde hace años, varios investigadores han trabajado en la búsqueda de métodos de predicción, entre ellos las ecuaciones. Sin embargo no ha sido fácil, ya que el porcentaje de grasa de la canal es muy variable, porque depende de factores genéticos y medioambientales (Berg y Butterfield, 2006).

Simpfendorfer (1974), obtuvo una ecuación a partir de una base de datos de publicaciones realizadas antes de 1922, que involucraban 101 novillos

de diferentes edades, desde pocos días de nacidos, hasta 57 meses de edad.

Las ecuaciones fueron:

$$\text{Grasa (kg)} = -0.61 + 0.037 \text{ EBW} + 0.00054 \text{ EBW}^2$$

$$\text{Proteína (kg)} = -2.418 + 0.235 \text{ EBW} - 0.00013 \text{ EBW}^2$$

Owens *et al.* (1995), compilaron información de 16 experimentos, en los cuales midieron composición corporal a 1,174 animales, con pesos iniciales entre 143 y 416 kg, pesos finales entre 356 y 571 kg y ganancias diarias entre 0.67 y 1.87 kg, de los cuales obtuvieron las siguientes ecuaciones:

$$\text{Grasa (kg)} = -11.34 + 0.0991 \text{ EBW} + 0.000494 \text{ EBW}^2, R^2 = 0.89$$

$$\text{Proteína (kg)} = -2.35 + 0.2328 \text{ EBW} - 0.000156 \text{ EBW}^2.$$

En cada uno de estos estudios, incluidos en la elaboración de estas ecuaciones se obtuvieron dietas concentradas a libre acceso y la composición fue medida por gravedad específica de la canal, análisis de la costilla o moliendo la canal completa para su análisis. Estos autores señalan que el cambio en la composición puede ser adjudicada al grado de madurez y no se debe interpretar que la tasa de ganancia de peso altera la composición de la ganancia, sin embargo los valores de esta ecuación no concuerdan con los de la ecuación de Simpfendorfer (1974).

Guiroy *et al.* (2001) desarrollaron una ecuación para predecir que la grasa corporal a partir de características de la canal típicamente disponibles, como grosor de la grasa en la doceava costilla (FT), peso de la canal caliente (HCW), grado de calidad USDA (QG) y área del músculo longissimus (LMA),
$$\text{EBF} = 17.76207 + (4.68142 \times \text{FT}) + (0.01945 \times \text{HCW}) + (0.81855 \times \text{QG}) - (0.06754 \times \text{LMA}),$$
 con el objetivo de determinar el consumo de alimento en base a la composición.

GRASA CORPORAL AL INICIO DEL PERIODO DE ENGORDA

Tedeschi *et al.* (2004), señalaron que una estimación exacta de la composición corporal inicial es importante para la predicción de grasa corporal en cualquier etapa. Por otra parte Owens *et al.* (1995), señalaron que la ganancia total de grasa varió con el contenido de grasa inicial. Según Waldman *et al.* (1969), la cantidad de grasa inicial esta relacionada al peso vivo inicial ($P < 0.01$), por lo encontrado en un estudio en el que midieron la composición de la canal de becerros Holstein y Hereford al nacer, a los 91 y 227 kg de peso vivo. Zinn (2008; comunicación personal), señala que el EBF inicial de animales chicos esta entre 8 y 10%, mientras que los animales con un peso promedio tienen entre 10 y 13% EBF inicial. Sin embargo Hersom *et al.* (2004b), reportaron el EBF promedio de 2 experimentos 19.7, 13.1 y 5.5% para novillos con diferentes ganancias de peso, antes de la ceba, esto es: altas, medias y bajas respectivamente, variaron significativamente y con pesos iniciales promedio de 346.1, 268.6 y 206.2 kg, igualmente distintas y significativas; es interesante que las tasas de ganancia subsecuentes no fueron diferentes entre los tratamientos. Por lo tanto, seria de gran ayuda conocer el EBF de los animales a la llegada al corral, pero tal vez seria igual de complejo que tratar de predecir EBF inicial, porque igualmente depende de factores antes referidos como ADG, régimen alimenticio, raza, o incluso la alimentación de la madre durante la preñez, solo se conoce el peso y en algunos casos, la raza.

RELACION ENTRE GRASA DE LA CANAL Y COMPOSICION DE LA CANAL

La medición de la grasa subcutánea es el más importante indicador de la composición de la canal (Miller *et al.*, 1988), aunque el grosor de la grasa subcutánea es altamente relacionado con el porcentaje de grasa de canal ($r^2 = 0.807$), su relación con el marmoleo es baja ($r^2 = 0.083$) (Brethour, 2004).

Grado de rendimiento (yield grade) y composición de la novena- décima- onceava costilla, fueron factores importantes para la predicción de grasa en novillos alimentados con grano en un estudio de Miller *et al.* (1988).

PROTEINA

Ganancia diaria de proteína es calculada a partir de la ganancia de masa libre de grasa, porque el contenido de proteína de la ganancia libre de grasa varia poco con el tipo de animal, tasa de crecimiento o nivel de alimentación (Garrett, 1987). Tamaño maduro es definido como el punto en el cual, la masa proteína alcanza su máximo, es decir después de este punto, los animales pueden depositar grasa y peso, pero la ganancia de proteína será cero; sin embargo la mayoría del ganado de engorda es comercializado antes de alcanzar el peso maduro (Owens *et al.*, 1995).

GRAVEDAD ESPECÍFICA

Gravedad específica se puede determinar midiendo la disminución del peso de los animales después de ser sumergidos en un líquido de densidad conocida (Principios 7 y 8 de Arquímedes).

$$\text{Gravedad específica} = \text{WA} / [(\text{WA} - \text{WW}) * k]$$

Donde,

WA= peso al aire libre

WW = peso bajo el agua

k = gravedad específica del agua saturada con aire (0.997327)

Existen estudios que utilizan gravedad específica de la canal para predecir exitosamente la composición del cuerpo vacío (Owens *et al.*, 1995) y de la canal del ganado de carne (Garret y Hinman, 1969) y otros animales. Dahms y Glass (1982), encontraron una alta correlación entre la gravedad específica corporal y el porcentaje de grasa, determinado por un método de extracción ($r=0.977$) en un experimento con ratas con un amplio rango de contenido de grasa producido por las diferentes dietas. Garret y Hinman (1969), encontraron que la densidad de la canal fue altamente relacionada con varios componentes químicos de la canal (-0.96, 0.93, 0.92 y -0.95) para el porcentaje de grasa, agua y nitrógeno, y energía kcal/gm, respectivamente. Kelly *et al.* (1968), encontraron que las canales con 20 a 29.99% de grasa tuvieron los coeficientes de correlación más altos, entre gravedad específica y porcentaje de humedad, grasa y proteína. Proporcionalidad del hueso dentro del rango de 11.7 y 18.6% en un estudio realizado por Preston *et al.* (1974), no afectó la relación de gravedad específica y composición de la canal 0.94, 0.89, y 0.96 para agua, proteína y grasa, respectivamente. Gil *et al.* (1970) y Garret y Hinman (1969), indicaron que la gravedad específica es menos exacta en la estimación de la composición de ganado delgado, con menos de 12% de grasa.

Millar *et al.* (1988), observaron que la gravedad específica disminuía, conforme la grasa de la canal aumentaba. Brown *et al.* (AÑO), obtuvieron valores de gravedad específica pequeños y menos variables, que los valores

que habían sido obtenidos con cerdos Guinea y humanos, señalaron que la diferencia podría ser explicada, por el mas alto contenido de grasa del cerdo, comparado con Guinea y humanos.

TASA DE CRECIMIENTO

Potencial genético y condiciones medio ambientales como nutrición, clima, enfermedades y practicas de manejo, son factores que afectan la tasa de crecimiento (Hermesmeyer *et al.*, 2000).

Algunos investigadores como Oltjen y Garret (1988), han encontrado que el contenido de energía de ganancia incrementa al aumentar la tasa de crecimiento; esta energía derivada del contenido de proteína y grasa de la ganancia varían menos con la tasa de ganancia que con el peso y tipo corporal. De acuerdo con las ecuaciones del NRC (1984), la energía de ganancia incrementa gradualmente de 4 a 5 Mcal/kg al incrementar la ganancia de peso de 0 a 1.5 kg/d en novillos de talla mediana.

Hermesmeyer *et al.* (2000), observaron que novillos alimentados *ad libitum* ganaron 15.5% más que los novillos con alimentación restringida ($P < 0.01$, 1.84 vs 1.59 kg/d). Resultados experimentales con alimentación restringida han sido extrapolados directamente a ganado alimentado *ad libitum*, lo cual conduce a interpretar que tasas de crecimiento altas, implica más deposición de grasa y menos proteína. La deposición de proteína continúa incrementado al aumentar la ganancia de peso vacío, mientras que la deposición de grasa aumenta con la madurez, es decir un animal puede estar teniendo ganancias altas de peso, pero con una deposición de grasa menor que otro con menor ganancia. Desafortunadamente, correlaciones entre tasa

de ganancia y acreción de proteína y grasa son confundidos por factores, tales como madurez, genética, edad y peso (Owens *et al.*, 1995). Brethour (2004), observó que la proporción de ganancia en forma de grasa incrementó con los aumentos de grosor de la grasa inicial.

Hermesmeyer *et al.* (2000), señalan que ganancias diarias y eficiencias alimenticias disminuyen conforme los animales se aproximan a la madurez.

MATERIALES Y METODOS

Se utilizó una base de datos de 12 experimentos realizados en el Centro de Extensión e Investigación del Desierto (Desert Research and Extensión Center), de la Universidad de California, Davis, en El Centro California E.E.U.U., que contenían características de la canal y resultados de comportamiento.

La base de datos contenía información de particularidades de la canal y de comportamiento de 1226 novillos Holstein y cruzados, alimentados a libre acceso con dietas altas en concentrados e implantados.

Las características de la canal contenidas fueron: peso de la canal caliente, grasa de riñones, corazón y pelvis (KPH), grosor de la grasa subcutánea, rendimiento en corte, grado de calidad, madurez y peso del cuarto delantero y trasero derechos bajo el agua.

Los pesos de la canal caliente de todos los animales se obtuvieron al momento de sacrificio. Después que las canales fueron enfriadas durante 48 horas, los siguientes indicadores se lograron: 1) Área del músculo longissimus (área del ojo de la costilla), tomada directamente del ojo entre la doceava y treceava costilla; 2) grasa subcutánea sobre el ojo de la doceava costilla; 3) grasa de riñón, pelvis y corazón, como porcentaje del peso de la canal; 4) grado de marmoleo; y 5) gravedad específica. Peso del cuerpo vacío (EBW), composición del cuerpo vacío y de la canal (porcentaje de agua, proteína y grasa), fueron en base al peso de la canal y gravedad específica de la canal, respectivamente como lo describe Garrett y Hinman (1969) (213).

Peso corporal vacío inicial de los novillos (IEBW), se derivó del peso vivo inicial (ILW) y peso de la canal caliente del grupo de sacrificio inicial: $IEBW =$

0.809 ILW + 30.259. Contenido del cuerpo vacío inicial de agua, proteína, grasa y energía, fueron estimadas en base a la gravedad específica promedio 1.067 del grupo sacrificado al inicio. La estimación del peso del cuerpo vacío (EBW) se basa en la relación generalizada entre EBW y HCW. La estimación de la composición del cuerpo vacío, se basa en la relación generalizada entre gravedad específica de la canal y composición de cuerpo vacío (Garrett y Hinman, 1969). EBW final y composición de la canal y EB (porcentaje de agua proteína, grasa y energía), estuvieron fundamentados en el peso de la canal y gravedad específica de la canal, respectivamente (Garrett y Hinman, 1969) (2959).

A partir del peso bajo el agua, se obtuvo gravedad específica (GS) con la fórmula

$$GS = WA / (WA - WW)$$

Donde:

WA = Peso en el aire

WW = Peso bajo el agua

Se cuantificó el peso inicial o peso de llegada, justo después de bajar del camión, peso final y ganancia diaria de peso.

EBF inicial se calculó con la ecuación de Simpfendorfer (1974): (Fat (kg) = - 0.61 + 0.037 EBW + 0.00054 EBW²), de la misma manera que lo determinó Guiroy *et al.* (2001).

RESULTADOS Y DISCUSION

Los promedios y los rangos de comportamiento y características de la canal se presentan en las tablas 1 y 2 respectivamente. Las correlaciones simples de Pearson entre las medidas de comportamiento y características de la canal se presentan en las tablas 3 y 4 respectivamente.

CARACTERISTICAS DE COMPORTAMIENTO

Peso Inicial

El peso inicial promedio de los animales del presente trabajo, corresponde al de becerro, de acuerdo al NRC (1984) que asume que los animales con pesos menores de 260 kg son becerros y de acuerdo a Zinn *et al.* (2008), que asume que los animales con pesos menores a 350 kg, probablemente representan becerros. El peso inicial del animal puede representar la edad, por la alta correlacion entre ambas (0.91)(Hamlin *et al.*, 1995) pero tambien talla del animal, alimentación, o tasa de ganancia previa a la engorda.

Se observo que el peso inicial (PI) aumenta junto con peso de la canal y área del ojo de la costilla (tabla 5) esto se explica porque al aumentar el PI el peso final también aumenta y este ultimo es altamente relacionado con el peso de la canal ($r = 0.92$). El area del ojo de la costilla es un reflejo del aumento de la masa muscular, la cual aumenta con el peso de la canal y peso final. Es importante tomar en cuenta el peso inicial en la determinación del peso maduro (Zinn *et al.*, 2008), ya que se observa que animales de mayor peso alcanzan su rendimiento máximo (28% EBF) con pesajes finales mayores, que aquellos que ingresan al corral más delgados, lo cual tiene impacto económico para los

productores de los Estados Unidos, ya que el peso de la canal es uno de los aspectos que se toman en cuenta para el precio (Lawrence *et al.*, 2008).

Peso inicial presento una relación negativa con la grasa subcutánea lo que significa que los animales con bajo peso a la llegada al corral, tendrán un grosor de grasa dorsal mayor, comparado con uno cuyo peso inicial sea mayor, cuando ambos tengan el mismo porcentaje de grasa corporal. La correlación entre PI y marmoleo es cercana a cero (-0.01) lo que quiere decir que animales livianos al inicio, tienen poca capacidad de depositar grasa intramuscular, pero si grasa interna y mayormente grasa subcutánea.

Un menor consumo y mayor eficiencia alimenticia de los becerros comparados con los añeros fue observada por Schoonmaker *et al.* (2002), señalan que coinciden con otros autores y lo atribuyen al menor requerimiento de energía de mantenimiento de los becerros, como resultado de mayor proporción del consumo de energía, que es disponible para la ganancia de peso (NRC, 1996).

A diferencia de otros trabajos que estudian la composición corporal, este no fue de sacrificio en serie, si no que, se observa que en los experimentos que se incluyeron en esta base de datos, se trato cosechar los animales en un mismo punto, por lo tanto no se observa relación entre contenido de grasa corporal y peso inicial ($r = -0.05$).

Peso Final

Existe una correlación positiva entre el peso y grasa de la canal. Al aumentar peso final aumenta grasa de la canal. Se observa una gran correspondencia entre peso final y ganancia diaria de peso, lo cual coincide con autores que señalan que animales de talla grande, alcanzan su madurez

composicional con pesos más altos, pero al mismo tiempo la ganancia de peso es mayor comparada con la de aquellos de talla pequeña.

Días en Corral

En la base de datos de comportamiento, se observó la mas alta correlación (-0.89) entre peso inicial y días en corral, quiere decir que a medida que el peso inicial aumenta, los días en corral disminuyen y viceversa. Esto es debido a que en los animales pequeños (livianos), los primeros meses en el corral son de crecimiento, de hueso y musculo y finalmente depositan grasa, mientras que lo animales grandes como los añeros prácticamente llegan al corral para finalizarse. Schoonmaker *et al.* (2002), observaron que los becerros que ingresaron al corral a los 111 d de edad, perduraron más tiempo en el corral, comparados con los que entraron a los 202 d de edad y estos últimos estuvieron más tiempo que los añeros de 371 d de edad, todos alcanzando el mismo grosor de grasa en la cosecha.

Ganancia Diaria de Peso

Las mayores correlaciones se observan con ADG en las medidas de comportamiento, pero la mayor fue la correlación con peso final, lo cual coincide con lo señalado por Owens *et al.* (1993), que a mayor peso maduro, mayor será la ganancia de peso, (tomando como peso maduro, el peso final); por esta razón es acertado tomar en cuenta ADG para determinar peso maduro en las ecuaciones de Zinn *et al.* (2008). También existe una correlación positiva entre peso final, peso de la canal y ganancia diaria de peso, lo que coincide con Reinhard *et al.* (2009), Diferencias de la ganancia diaria de peso,

antes del periodo de engorda y contenido corporal de grasa inicial no afectó la ganancia de peso vivo, ni tampoco la eficiencia de ganancia durante la finalización (Hersom *et al.*, 2004).

Schoonmaker *et al.* (2002), observaron que el ganado que ingresó al corral añero (371 d de edad), ganó mayor peso que los que llegaron siendo becerros de (111 y 202 d de edad)

En el presente trabajo, la ganancia diaria de peso no se relaciono con el porcentaje de grasa corporal ni tampoco con los diferentes depósitos de grasa, lo que coincide con Owens *et al.*, (1995) quienes señalan que la ganancia de peso no se relaciona con la cantidad de grasa depositada que es contrario, según indican estos autores, a los que dicen que animales con ganancias rápidas depositan mas grasa y viceversa, porque han extrapolado los resultados de experimentos con alimentación restringida a los de ad libitum.

CARACTERISTICAS DE LA CANAL

Grosor de la Grasa Dorsal, GGD

El contenido de grasa corporal fue mejor relacionado con grosor de la grasa dorsal (GGD) ($r=0.62$), que con cualquier otra característica de la canal (Tabla 4), lo cual coincide con algunos autores (Brethour, 1997; Greiner *et al.*, 2003); quiénes señalan que la grasa de la canal está altamente relacionado con el GGD de la canal y en pie, por esta razón varios investigadores señalan que este deposito de grasa es un buen predictor único de grasa del cuerpo vacío (Miller *et al.*, 1988; Brethour, 2004), o se observa que es la característica de la canal de mayor peso en la predicción de grasa corporal $EBF = 17.76207 + (4.68142 \times FT) + (0.01945 \times HCW) + (0.81855 \times QG) - (0.06754 \times LMA)$,

como sucede en la ecuación de Guiroy *et al.* (2001) en grosor de la grasa dorsal.

El problema que se presenta al tratar de predecir grasa corporal futura en base a la grasa actual Brethour (2004), es que al inicio existe poca o nula GGD Zinn (2009; comunicación personal), señala que animales livianos no tienen GGD en el inicio del periodo de engorda, presentan grasa subcutánea hasta obtener un 23% de grasa corporal y a la llegada tienen entre 8 y 10% de grasa corporal. En el caso de animales añeros Brethour (2000), observó menos de 2 mm de GGD con animales entre 12 y 14 meses. La escasa o nula presencia de GGD, hace que la exactitud de la predicción sea baja o imposible, respectivamente. Brethour (2000), observó que la predicción iba perfeccionando conforme se acercaba la fecha del sacrificio, es decir al aumentar GGD se mejora la predicción en base a ésta; esto implica que las predicciones en base a GGD, se recomienden después de que los animales hayan estado algunos días en el corral.

Al aumentar el peso maduro, fue influenciado positivamente por el peso inicial (Zinn *et al.*, 2008), disminuye el GGD y viceversa (Grafica 1). Hamlin *et al.* (1995), observaron que los animales con una menor área del ojo de la costilla es característico de razas pequeñas, o animales que ingresan livianos al corral presentaron el mayor GGD. Por lo tanto, se debe esperar que los becerros obtengan un GGD mayor que los añeros en el peso maduro. Es decir, los animales tendrán un espesor de grasa mayor, que los añeros con el mismo porcentaje de grasa corporal, lo cual conviene considerar al predecir composición corporal en base a consistencia de la grasa.

En la grafica 2 se observa que cuando el peso final es igual al peso maduro (EBF= 28%), los becerros obtienen un GGD de 1.5 cm, el cual es mayor al de 1.26 cm señalado por algunos autores como referencia de peso maduro. Según Brethour (2000), 1.5 cm de GGD indica que el animal se alimentó demasiado tiempo y es cuantiosa grasa para lograr una aceptación, pero el estudio lo realizó con añeros.

Entonces si se toma GGD como referencia para predecir EBF, se debe considerar que los becerros tendrán un GGD mayor que los añeros con la misma composición de grasa, si se asume que es el mismo GGD para obtener el mismo EBF se va estar sobreestimando, ya que se especularía que el becerro obtiene 28% EBF con 1.3 cm, cuando en realidad sería menor el EBF real.

Relación entre peso y porcentaje de grasa corporal

Fundado en que el peso es la variable que mayor efecto tiene en la composición de la canal (Preston 1971), algunos investigadores (Simpfendorfer, 1974) han tratado de predecir grasa corporal con el peso como única variable.

Conociendo los kilogramos necesarios para cambiar 1% el EBF se podría pronosticar con que peso un animal obtiene 28% EBF, cuantificando con el contenido actual de la grasa corporal. Por ejemplo, en la ecuación $AFBW = EBW + (28 - EBF) * 14.26 / 0.891$ de Guiroy *et al.* (2001), mostraron que se necesitan 14.26 kg de peso vivo vacío (EBW, Empty Body Weight) para un punto porcentual la proporción de grasa de la canal; sin embargo, 14.26 kg / 1% EBF no puede ser universal para todos los animales, ni en cualquier etapa

de la engorda, porque este valor depende de varios factores como: rango de peso, ganancia diaria de peso, y etapa en la engorda.

El rango de peso de los animales para determinar este valor, afecta la relación entre peso y grasa corporal; al disminuir el peso corporal, el número de kilos necesarios para cambiar 1%, el EBF va ser mayor comparado con un peso corporal alto; esto se debe a que animales livianos generalmente son jóvenes de edad (Hamlin *et al.*, 1995), los cuales tendrán un crecimiento de hueso, músculo y en último lugar grasa, por lo que estarán depositando principalmente proteína, lo que implica que los becerros necesitan más kilogramos de peso para aumentar la grasa corporal, cotejados con los añeros. Por ejemplo Simpfendorfer (1974), obtuvo un valor de 19 kg/1% EBF, porque incluyó en su base de datos animales demasiado jóvenes (recién nacidos) y animales maduros de más de 800 kg de peso, especulando en que se compensarían unos con otros, pero este valor es mayor que 14.26, señalado por Guiroy *et al.* (2001), quienes utilizan añeros principalmente. Con la base de datos de este trabajo se obtiene un valor de 21 kg, porque representa la relación de peso y porcentaje de grasa de becerros, únicamente sin incluir animales adultos, como lo hizo Simpfendorfer.

La ganancia diaria de peso, debe ser una típica de un corral de engorda (>1.3 kg/d), porque es donde se pretende aplicar. Harris *et al.* (1997), observaron que los añeros tuvieron mayores ganancias, aunque tuvieran el mismo peso de ingreso al corral que los becerros. El valor obtenido en el trabajo de Guiroy *et al.* (2001) con añeros obtuvieron más de 1.2 kg/d, es muy diferente al obtenido por Simpfendorfer (1974), con animales con pérdida de peso de hasta 225 g/d y como es de esperarse, los animales con ganancias

bajas e incluso negativas, van a requerir de mayor peso para cambiar su contenido de grasa corporal.

Otro valor que afecta la relación de peso: porcentaje de grasa corporal, es la etapa de la engorda o los días en el corral porque un animal va depositar más grasa, conforme se aproxima a su finalización que otro que va ingresando al corral; William (2005), señala que entre el nacimiento y la madurez del animal, el contenido de proteína de la ganancia aumenta a una tasa decreciente. Guiroy *et al.* (2001), comprobaron que se requerían 14.26 kg para cambiar una unidad porcentual el EBF con animales entre 400 y 500 kg; este valor de 14.26 kg es muy próximo a 14.85 kg, cifra que se lee en la tabla 3-1 del NRC (2000), con animales de 450 a 500 kg. Si no se utilizan aquellos animales con EBF finales menores de 30 y mayores de 30.99, en esta fuente de datos se obtiene un valor de 14.97 kg, que es cercano al del NRC (2000) y a Guiroy *et al.* (2001).

Relación entre grasa corporal y características de la canal

Guiroy *et al.* (2001), desarrollaron una ecuación para predecir EBF utilizando datos de la canal ($EBF \% = 17.76207 + 4.68142FT + 0.01945HCW + 0.81855QG - 0.06754LMA$), para predecir el alimento consumido durante la engorda, al verificar la exactitud de esta ecuación observaron una $R^2 = 0.61$; sin embargo al aplicar esta ecuación en esta base de datos, se obtiene un $R^2 = 0.409$ (Grafica 3); además se observa que sobreestima EBF de animales maduros, esto es principalmente porque los animales que utilizó para obtener esa ecuación fueron añeros. Esta observación coincide con Guiroy *et al.* (2001), quienes

también observaron que su ecuación muestra una tendencia a sobreestimar y subestimar grasa corporal con animales con baja y alta grasa corporal, respectivamente.

Existen investigaciones con añeros en los cuales estudian el efecto de diferentes niveles de energía (Vasconcelos *et al.*, 2009), basándose en que el periodo de crecimiento en ganado de carne se refiere al periodo entre el destete y finalización (Sainz *et al.*, 1995), al inicio de la etapa de alimentación o también llamado “periodo de crecimiento”, en los cuales se observa que aquellos animales que reciben dietas altas en energía, depositan mayor grasa intramuscular; estas observaciones se aplican a animales que ingresan jóvenes al corral, proyectando que los becerros depositarán mayor grasa intramuscular y menor grasa subcutánea con diferentes argumentos como son: 1) que el propionato derivado de la fermentación de los granos, propiciará la deposición de grasa intramuscular y el acetato derivado de los forrajes la grasa subcutánea, 2) que los becerros y los añeros no obstante tengan la misma grasa en el ojo de la costilla en los becerros, va ser mayor el marmoleo por tener una menor área del ojo de la costilla, mientras que en los añeros por presentar un espacio mayor el marmoleo se diluirá, o simplemente 3) los becerros depositan mayor marmoleo por el acceso a dietas energéticas por un tiempo más prolongado.

Contrariamente a lo señalado en varios artículos, como Bruns *et al.* (2004), quienes señalan que la grasa intramuscular aumenta junto con el peso de la canal, o que el marmoleo aumenta con el número de días en la engorda, aquí se observa que con los becerros, el marmoleo no desarrolla junto con el peso final (Grafica 4), ni tampoco con el número de días (Grafica 5), lo que

coincide con Grona (2002) quienes observaron que los becerros alcanzaron menores marmoleos que los añeros, también coincide con Brethour (2000), que observó que animales con marmoleo inicial bajo no alcanzaron el grado de calidad Choice, aun cuando se alimenten hasta 200 d, a pesar de que en su estudio utilizó un grupo de animales 14 y otro de 12 meses de edad, es decir añeros. Entonces habrá de esperarse que en la engorda, un lote de becerros va tener un menor porcentaje de animales que califiquen como Choice, comparado con un lote de añeros por el menor grado de marmoleo de los becerros.

A pesar de que este trabajo no fue de animales sacrificados en serie, se observa que las características de la canal utilizadas para predecir la grasa corporal son diferentes entre becerros y añeros. Por lo tanto, modificando la ecuación de Guiroy *et al.* (2001), para que se ajuste a animales que entran livianos al corral, se considera que hay diferentes padrones de deposición de grasa, y se obtiene una mejor predicción

Es más nocivo para el productor utilizar un modelo que sobreestima EBF que si lo subestima, ya que afectaría el precio de la canal. Así que es necesario modificar esta ecuación para que se ajuste a animales livianos.

CONCLUSIONES

El peso inicial tiene efecto en la cantidad de grasa subcutánea la cual tiene impacto en la predicción de la grasa corporal. También, tiene efecto sobre las demás características de la canal que se utilizan en la predicción de grasa corporal, por lo tanto, no se debe asumir el mismo cambio de grasa corporal con las diferentes características de la canal entre añeros y becerros. Tal vez es imposible predecir el tiempo para obtener el porcentaje de grasa deseada justo a la llegada al corral de los animales livianos, solamente con el peso, si no que es necesario dejar un lapso de tiempo en el corral para observar el comportamiento.

CUADROS

Cuadro 1. Promedios y desviaciones estándar de las características de comportamiento de los novillos cruzados

Medida	N ⁴	Promedio	SD	Rango Total
Peso inicial ¹	1122	199.63	49.73	99-388
Peso final, ¹	1122	468.09	43.25	329-592
Dias ²	1122	218	53.88	89-316
ADG ³	1122	1.37	0.30	0.7-2.7

¹ Peso mermado (peso x 0.96) expresado en kilogramos

² numero de dias en el corral

³ Kilogramos por dia

⁴ Numero de observaciones

Cuadro 2. Promedios y desviaciones estándar de las características de la canal.

Característica	Obs ¹	Promedio	SD	Rango total
Canal ²	1122	302.85	29	195 - 383.6
GGD ³	1122	1.14	0.55	0.13 - 4.06
Marmoleo	1122	3.99	0.87	2.5 - 8.8
KPH ⁴	1122	2.43	0.63	0.5-4.5
LMA ⁵	1122	80.92	8.7	58.1 – 116.13
Rendimiento ⁶	1122	62.13	2.21	54 - 74
Grasa corporal ⁷		26.6	3.9	14.65 - 39.39

¹ numero de observaciones

² Peso de la canal en kilogramos

³ Grosor de grasa dorsal

⁴ Grasa en riñones pelvis y corazón

⁵ Area del musculo Longissimus dorsi

⁶ Rendimiento de la canal = (peso de la canal / peso final)* 100

⁷ Grasa corporal del cuerpo vacio (EBF, *Empty Body Fat*) calculado en base a gravedad especifica

Cuadro 3. Correlaciones Pearson entre las medidas de comportamiento

Medida	Peso inicial ¹	Peso final ¹	Dias en corral
Peso final ¹	0.395		
Dias en corral	-0.894	-0.3065	
ADG ²	0.5837	0.7557	-0.7140

¹ Expresado en kilogramos

² Expresado en kilogramos por día

Cuadro 4. Correlaciones Pearson entre las características de la canal

Medida	PCC ¹	MRM ²	KPH ³	LMA ⁴	REN ⁵	EBF ⁶
MRM ²	0.08					
KPH ³	0.24	0.16				
LMA ⁴	0.49	-0.01	-0.02			
REN ⁵	0.26	0.12	0.32	0.25		
EBF ⁶	0.32	0.32	0.48	-0.05	0.24	
GGD ⁷	0.27	0.19	0.40	-0.11	0.33	0.62

¹ Peso de la canal caliente en kilogramos

² Marmoleo

³ Grasa en riñones pelvis y corazón

⁴ Area del musculo Longissimus dorsi expresado en cm²

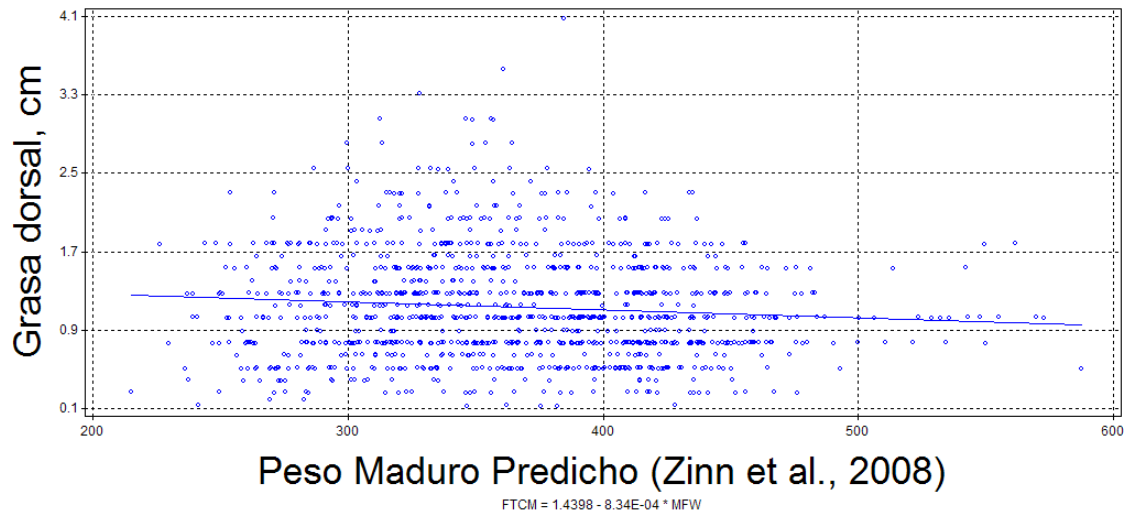
⁵ Porcentaje de rendimiento de la canal = (peso de la canal / peso final)* 100

⁶ Grasa corporal del cuerpo vacio (EBF, *Empty Body Fat*) calculado en base a gravedad especifica

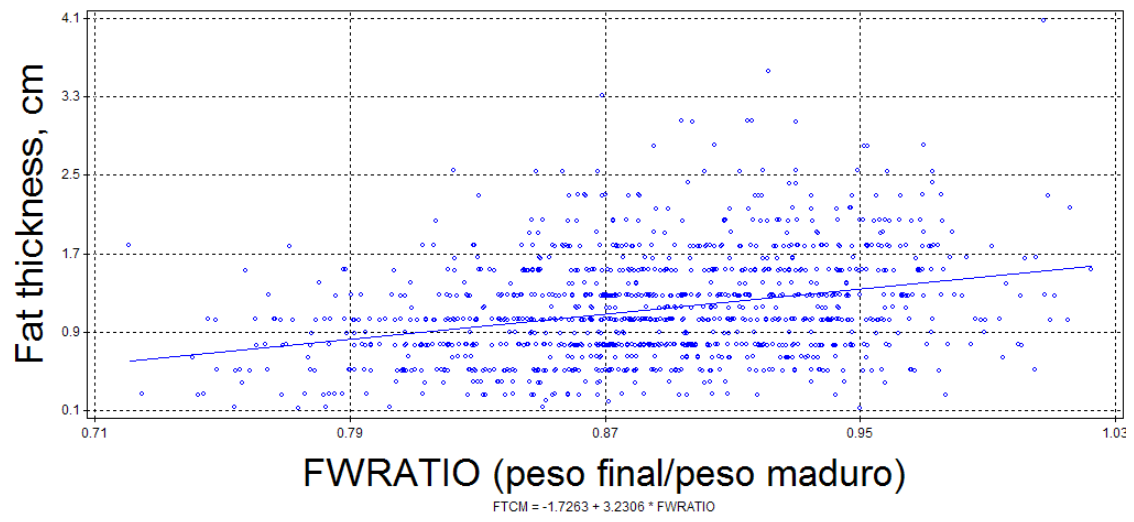
⁷ Grosor de grasa dorsal, expresada en cm

GRAFICAS

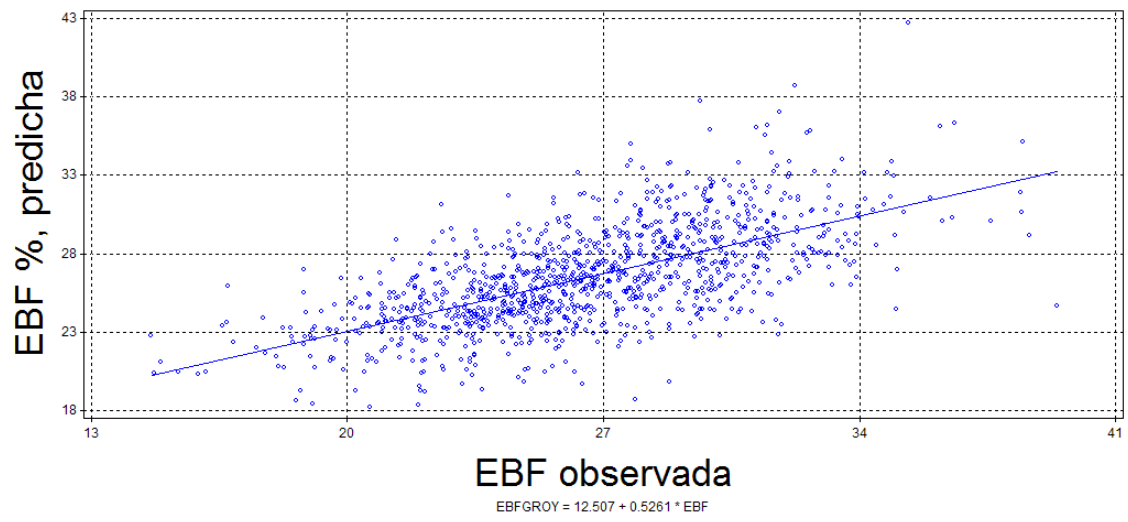
Grafica 1. Relación entre peso maduro y grosor de la grasa dorsal



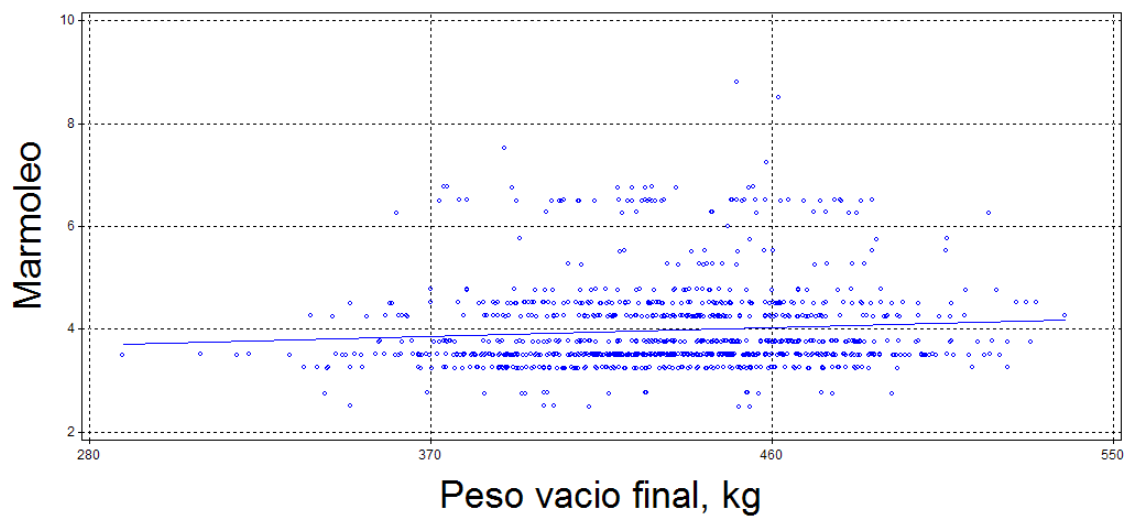
Grafica 2. Relación entre el Grosor de grasa dorsal y la fracción del peso maduro.



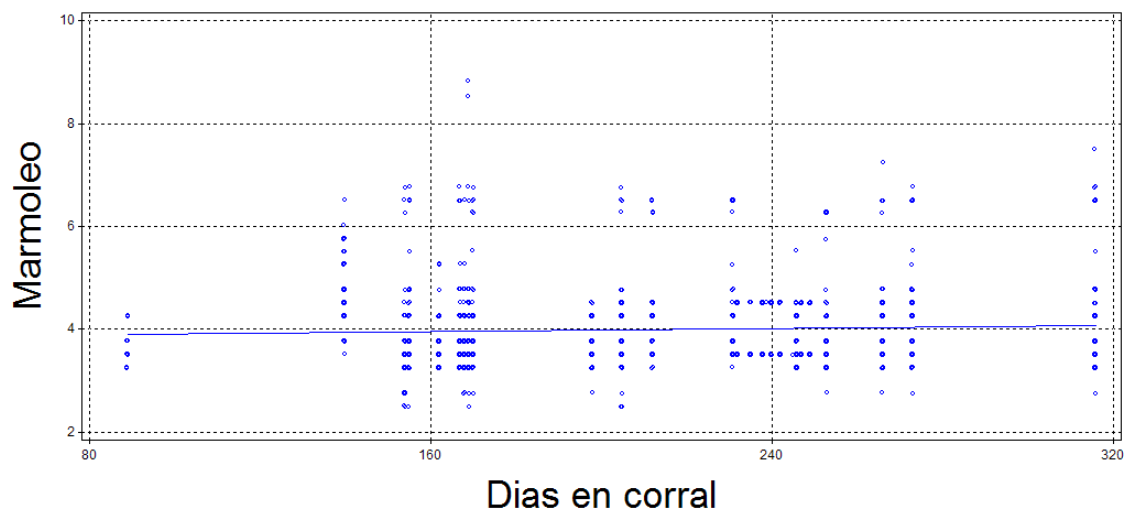
Grafica 3. Grasa corporal predicha con ecuación de Guiroy et al., (2001).



Grafica 4. Relación entre marmoleo y peso final vacío en becerros



Grafica 5. Efecto del número de días en el marmoleo de becerros.



LITERATURA CITADA

Berg, R. T. and R. M. Butterfield. 2006. *New Concepts of Cattle Growth*. Sidney University Press. Australia.

Brethour, J. R. 2000. Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle. *J. Anim Sci.* 78:2055-2061.

Brethour, J. R. 2004. The relationship of average backfat thickness of feedlot steers to performance and relative efficiency of fat and protein retention. *J. Anim Sci.* 82:3366-3372.

Brown, C. J., J. C. Hillier, and J. A. Whatley. 1951. Specific gravity as a measure of the fat content of the pork carcass.

Buckley, B. A., J. F. Baker, G. E. Dickerson, and T. G. Jenkins. 1990. Body composition and tissue distribution from birth to 14 months for three biological types of beef heifers. *J. Anim. Sci.* 68:3109.

Carstens, G. E., D. E. Johnson, M. A. Ellenberger, and J. D. Tatum. 1991. Physical and chemical components of the empty body during compensatory growth in beef steers. *J. Anim. Sci.* 69:3251.

Castro Bulle, F. C. P., P. V. Paulino, A. C. Sanchez, and R. D. Sainz. 2007. Growth, carcass quality, and protein and energy metabolism in beef cattle with different growth potentials and residuals feed intakes. *J. Anim. Sci.* 85:928.

Comerford, J. W., R. B. House, H. W. Harpster, W. R. Henning, and J. B. Cooper. 1992. Effects of forage and protein source on feedlot performance and carcass traits of holstein and crossbred beef steers. *J. Anim. Sci.* 70:1022.

Crouse, J. D., and M. E. Dikeman. 1974. Methods of estimating beef carcass chemical composition. *J. Anim. Sci.* 38: 1190.

Dahms, W. T. and A. R. Glass. 1982. Correlation of percent body fat with body specific gravity in rats. *J. Nutr.* 112:398-400.

Dolezal, H. G., J. D. Tatum, and F. L. Williams, Jr. 1993. Effects of feeder cattle frame size, muscle thickness, and age class on days fed, weight and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 71:2975.

Drouillard, J. S., C. L. Ferrell, T. J. Klopfenstein, and R. A. Britton. 1991. Compensatory growth following metabolizable protein or energy restrictions in beef steers. *J. Anim. Sci.* 69:811.

Garrett, W. N. 1987. Relationship between energy metabolism and the amounts of protein and fat deposited in growing cattle. *Energy Metab. Proc. Symp.* 26:3.

Garret W. N. and N. Hinman. 1969. Re-evaluation of the relationship between carcass density and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 33:1.

Gil, E. A., R. R. Johnson, V. R. Cahill, K. E. McClure and E. W. Klosterman. 1970. An evaluation of carcass specific volume, dye dilution and empty body parameters as predictors of beef carcass composition over a wide range of fatness. *J. Anim. Sci.* 31:459.

Grona 2002

Guiroy, P. J., D. G. Fox, L. O. Tedeschi, M. J. Baker, and M. D. Cravey. 2001. Predicting individual feed requirements of cattle fed in groups. *J. Anim. Sci.* 79:1983.

Guiroy, P. J., L. O. Tedeschi, D. G. Fox, and J. P. Hutcheson. 2002. The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 80:1791.

Hamlin, K. E., R. D. Green, T. L. Perkins, L. V. Cundiff, and L. F. Miller. 1995. Real-time ultrasonic measurements of fat thickness and longissimus muscle area: I. Description of age and weight effects. *J. Anim. Sci.* 73:1713-1724.

Hermesmeyer, G. N. , L. L: Berger, T. G. Nash, and R. T. Brandt, Jr. 2000. Effects of energy intake, implantation, and subcutaneous fat end point on feedlot steer performance and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 78:825.

Hicks, R. B., F. N. Owens, D. R. Gill, J. W. Oltjen and R. P. Lake. 1990. Dry matter intake by feedlot beef steers: influence of initial weight, time on feed and season of year received in yard. *J. Anim. Sci.* 68:254.

Karnuah, A. B., K. Moriya, N. Nakanishi, T. Nade, T. Mitsuhashi, and Y. Sasaki. 2001. Computer image analysis for prediction of carcass composition from cross-sections of Japanese black steers. *J. Anim. Sci.* 79:2851.

Kelly, R. F., J. P. Fontenot, P. P. Graham, W. S. Wilkinson and C. M. Kincaid. 1968. Estimates of carcass composition of beef cattle fed at different planes of nutrition. *J. Anim. Sci.* 27:620.

Kempster, A. J. 1981. Fat partition and distribution in carcass of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Sci.* 5:83.

Korver, S., M. W. Tess, T. Johnson, and B. B. Anderson. 1987. Size scaled lean and fat growth patterns of serially slaughtered beef animals *J. Anim. Sci.* 64:1292.

Lewis, J. M., t. J. Klopfenstein, and R. A. Stock. 1990. Effects of rate of gain during winter on subsequent grazing and finishing performance. *J. Anim. Sci.* 68:2525.

May, S. G., H. G. Dolezal, D. R. Gill, F. K. Ray, and D. S. Buchanan. 1992. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 70:444.

Miller, M. F., H. R. Cross, J. F. Baker, F. M. Byers, and H. A. Recio. 1988. Evaluation of live and carcass techniques for predicting beef carcass composition. *Meat Sci.* 23:111.

NRC. 1984. Nutrient requirements of beef cattle (6th ed.). National Academy Press, Washington, DC.

NRC. 2000. Nutrient requirements of beef cattle (Update 2000). National Academy Press, Washington, DC.

Oltjen, J. W., and W. N. Garrett. 1988. Effects of body weight, frame size and rate of gain on the composition of gain of beef steers. *J. Anim. Sci.* 66:1732.

Owens, F. N., P. Dubeski, and C.F. Hanson. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 73:3138.

Owens, F. N., D. R. Gill, D. S. Secrist, and S. W. Coleman. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73:3152.

Perry, T. C., and D. G. Fox. 1997. Predicting carcass composition and individual feed requirement in live cattle widely varying in body size. *J. Anim. Sci.* 75:300.

Preston, R. L., R. D. Vance, V. R. Cahill and S. W. Kock. 1974. Carcass specific gravity and carcass composition in cattle and the effect of bone proportionality on this relationship. *J. Anim. Sci.* 38:47.

Priyanto, R., E. R. Johnson and D. G. Taylor. 1997. Investigations into the accuracy of prediction of beef carcass composition using subcutaneous fat thickness and carcass weight I. Identifying problems. *Meat Science*. 46:147.

Purchas, R. W., D. L. Burnham, and S. T. Morris. 2002. Effects of growth potential and growth path on tenderness of beef longissimus muscle from bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80:3211.

Reid, J. T., and J. Robb. 1971. Relationship of body composition to energy intake and energetic efficiency. *J. Dairy Sci.* 54:553.

Rompala, R. E., S. D. M. Jones, J. G. Buchanan-Smith and H. S. Bayley. 1985. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 61:637.

Salinas, C. J., R. Yado y D. E. C. Lerma. 1997. *Nutricion básica*. Primera edicion. Departamento de Fomento Editorial. Tamaulipas, Mexico.

Savell, J. W., R. E. Branson, H. R. Cross, D. M. Stiffer, J. W. Wise, D. B. Griffin, and G. C. Smith. 1987. National consumer retail beef study: palatability evaluations of beef loin steaks that differed in marbling. *J. Food Sci.* 52:517.

Schoonmaker, J. P., S. C. Loerch, F. L. Fluharty, H. N. Zerby, and T. B. Turner. 2002. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 80:2247.

Simpfendorfer, S. 1974. Relationship of body type, size, sex, and energy intake to the body composition of cattle. Ph. D. dissertation. Cornell Univ., Ithaca, NY.

Taylor, R.E. 1992. *Scientific farm animal production: an introduction to animal science*. Fourth edition. Macmillan Publishing Company. U.S.A.

Tedeschi, L.O., D. G. Fox, P. J. Guiroy. 2004. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agric. Sys. J.* 79:171.

Thonney, M. L., T. C. Perry, G. Armbruster, D. H. Beermann, and D. G. Fox . 1991. Comparison of steaks from Holstein and Simmental x Angus steers. *J. Anim. Sci.* 69: 4866-4870.

Torrentera, N. 2005. Modelo de prediccion del rendimiento de canales de ganado bovino de engorda. Tesis Doctoral. Universidad Autonoma de Baja California.

Tylutki, T. P., D. G. Fox, and R. G. Anrique. 1994. Predicting net energy and protein requeriments for growth of implanted and nonimplanted bulls varying in body size. *J. Anim. Sci.* 72:1806.

Van Koevering, M. T., D. R. Gill, F. N. Owens, H. G. Doelzal, and C. A. Strasia. 1995. Effect of time on feed on performance of feedlot steers, carcass characteristics, and tenderness and composition of longissimus muscles. *J. Anim. Sci.* 73:21.

Zinn, D. W., R. M. Durham, and H. B. Hedrick. 1970. Feedlot and carcass grade characteristics of steers and heifers as influenced by days on feed. *J. Anim. Sci.* 31:307.

Zinn, R. A., A. Barreras, F. N. Owens, and A. Plascencia. 2008. Performance by feedlot steers and heifers: daily gain, mature weight, dry matter intake, and dietary energetics. *J. Anim. Sci.*