

**CONSIDERACIONES IMPORTANTES PARA LA ESTIMACIÓN DE LA
COMPOSICIÓN CORPORAL DE BECERROS DE ENGORDA**
IMPORTANT CONSIDERATIONS FOR ESTIMATING
BODY COMPOSITION OF FEEDLOT CALVES

**^vLoya-Olguín J Lenin¹, Zinn Richard A², Aguirre-Ortega Jorge¹, Gómez-Danés
Alejandro A¹, Ramírez-Ramírez J Carmen¹, Loya-Olguín Francisco³, Ulloa-
Castañeda R Ricardo¹**

¹Unidad Académica Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Compostela, Nayarit, México. ²Desert Research and Extension Center, University of California Davis, USA. ³Instituto de Ciencias Agrícolas e Instituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias. Universidad Autónoma de Baja California. Mexicali, Baja California, México.

RESUMEN

La predicción de la composición corporal del ganado, tanto vivo como en canal, es importante en todos los segmentos de la industria de la carne; ya que tiene utilidad en: desarrollo de pruebas de progenie, evaluación de la canal, en experimentos de nutrición, en la estimación de los requerimientos de energía, en la asignación en forma individualizada de el costo por concepto de alimentación y en la producción de animales con la composición corporal optima, para obtener una remuneración económica máxima. La grasa es el componente corporal más variable en cantidad y distribución durante el crecimiento, por lo tanto, ésta se utiliza para determinar la composición corporal. El peso corporal de los bovinos, cuando llegan al corral de engorda (peso inicial), influye sobre el peso y características de la canal utilizadas para la estimación de la composición corporal. Los animales con peso inicial liviano (becerros) presentan una mayor cantidad de grasa subcutánea comparados con los (pesados) añeros. Por esta razón, no se deben utilizar las ecuaciones hechas con añeros para determinar la composición corporal de becerros para evitar una sobreestimación.

Palabras clave: grasa corporal, grasa subcutánea, peso inicial.

ABSTRACT

The prediction of body composition of livestock, both alive and in carcass, it is important, in every segment of the beef industry, as it has usefulness in: progeny test development, carcass evaluation, nutrition experiments, estimating energy requirements, an individualized allocation of the feeding cost, and animal production with optimal body

^vJ Lenin Loya-Olguín, Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Nayarit. Carretera de Cuota Chapalilla-Compostela KM 3.5, Compostela, Nayarit, México. C.P. 63700 joselenin28@hotmail.com

composition, to obtain maximum financial compensation. Fat is the most variable body component in amount and distribution during growth, therefore, this it is used for determining the body composition. The body weight of cattle, when they arrive at the feedlot (initial weight) influences on weight and carcass characteristics used to estimate body composition. Initial weight of lightweight animals (calves) have a greater amount of subcutaneous fat compared to the (heavy) yearlings. For this reason, it should not be used the equations made with yeralings to determine body composition of calves to avoid overestimation.

Keywords: body fat, subcutaneous fat.

INTRODUCCIÓN

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); ya que tiene utilidad en el desarrollo de las pruebas de progenie, en la evaluación de la canal y en la evaluación de experimentos de nutrición (Karnuah *et al.*, 2001). Adicionalmente, posee una amplia aplicación en la estimación de los requerimientos de energía y proteína (NRC, 2000); además sirve para asignar en forma individualizada el costo por concepto de la alimentación, mediante el cálculo de número de días necesarios para alcanzar la composición corporal óptima (Guiroy *et al.*, 2001).

Durante muchos años se han buscado métodos para determinar la composición corporal en pie y canal, como el empleo de ultrasonido (Wall *et al.*, 2004; Baker *et al.*, 2006); así como la relación de características del animal en pie y en canal con la composición corporal, obteniéndose ecuaciones de predicción. Las ecuaciones de predicción pueden ser una herramienta para lograr esta meta, sin embargo, las ecuaciones existentes no tienen la precisión deseada para ser usadas en becerros; debido a que se generaron, utilizando datos de animales de edad y peso variable (Simpfendorfer 1974). Teóricamente, lo ideal es incluir en las ecuaciones todos los factores que afectan la composición de la canal, como: el tipo de dieta, raza, edad, alimentación previa al periodo de engorda, crecimiento compensatorio, tipo o número de implantes, medio ambiente, número de días en confinamiento, entre otros; pero es imposible e impráctico, por lo que se deben incluir aquellos de mayor impacto. Zinn *et al.* (2008) mencionan que los cambios en la composición corporal dependen en gran medida del peso y condición corporal con que se inicia la engorda, así como de la tasa de ganancia de peso durante el periodo de engorda.

El objetivo de este trabajo es señalar aspectos de mayor impacto en la estimación de la composición final de las canales de bovinos de engorda.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Composición corporal

La industria de la carne se interesa en tres tejidos de la canal: músculo, grasa y hueso. Una canal finalizada en un corral de engorda aproximadamente contiene entre 55 y 60% de músculo, 25 y 30% de grasa y 14 y 16% de hueso. En general, una canal de buena calidad es caracterizada por una baja proporción de hueso, alta proporción de músculo y una cantidad óptima de grasa (Taylor, 1992).

El porcentaje óptimo de grasa de las canales, no es el mismo en todos los países, incluso varía entre regiones del mismo país; esto se debe a los diferentes hábitos alimenticios, por salud o gusto. Por ejemplo en Japón buscan canales con más del 32 %, en Estados Unidos con un mínimo del 28% y en México se consumen canales con un promedio de 25 % de grasa (Zinn, 2010). La proporción de cada tejido varía durante la vida, porque tienen diferentes tiempos de maduración; el primer tejido en madurar es el nervioso, seguido por el óseo, muscular y finalmente el adiposo (Lawrence y Fowler, 2002); esto significa que cuando un tejido llega a su máximo crecimiento, los demás continúan su desarrollo. El tejido adiposo o comúnmente llamado grasa, por ser el que se madura y acumula al final, se toma como el indicador de la composición de la canal, porque cuando los bovinos de engorda alcanzan su peso final (peso de sacrificio), la deposición de proteína es mínima o nula; por esta razón, el contenido de proteína de las canales varía muy poco (Garret, 1987).

Así, en las regiones donde se clasifican de canales, la acumulación y distribución de grasa corporal es el tejido de mayor impacto. La predicción de la composición corporal de los bovinos, no es fácil, porque depende de muchos factores, como son: la raza (Korver *et al.*, 1987; Priyanto *et al.*, 1997), edad (Schoonmaker *et al.*, 2002), peso (Miller *et al.*, 1988), sexo (Taylor *et al.*, 1992), alimentación previa al periodo de engorda, y/o el crecimiento compensatorio (Owens 1993; NRC, 2000), tipo o número de implantes (Guiroy *et al.*, 2002), medio ambiente, número de días en confinamiento (May *et al.*, 1992).

Grasa Corporal

La grasa es el componente químico de la canal más variable en cantidad y distribución corporal durante el crecimiento (Berg y Butterfield, 2006); esta se deposita en la cavidad pélvica, la que algunos llaman la zona de la riñonada (pelvis, corazón y riñón), intermuscular, subcutánea e intramuscular; los cuales maduran y se acumulan iniciando en la riñonada y finalizando en la zona intramuscular.

De acuerdo con Tylutki *et al.* (1994), el excedente de energía ingerida es depositado como grasa, después de haber cubierto los requerimientos de mantenimiento, acreción de proteína y DNA; lo cual quiere decir que los nutrimentos primero se destinan para

mantener vivo al animal y después para el crecimiento, de acuerdo con el orden de maduración. Cabe mencionar, que generalmente en la etapa de finalización, la masa de grasa corporal aumenta 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 (Owens *et al.*, 1995).

Rompala *et al.* (1985) observaron que la tasa de crecimiento de masa libre de grasa es menos variable que la deposición de grasa, relativo a la ganancia diaria de peso y al peso corporal, además, Salinas *et al.* (1997) encontraron que la proporción de agua de la canal es inversamente relacionada con la proporción de grasa de la canal, así los animales obesos contienen menos agua, a la par los animales maduros tienen más grasa y menos agua que los jóvenes. Así, tradicionalmente, el porcentaje de rendimiento de la canal ha sido correlacionado positivamente con grasa de la canal o el grado de finalización. Es decir, el porcentaje de grasa de la canal y rendimiento, típicamente aumentan con el peso de sacrificio (Owens *et al.*, 1995). También se ha demostrado que el aumento de ganancia de peso, promueve la deposición de grasa, lo cual es un reflejo del mayor consumo energía mayor que las necesidades de mantenimiento y el crecimiento magro (Rompala *et al.*, 1985). Sin embargo, no se debe generalizar que los animales con mayores ganancias depositan más grasa.

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, lo cual puede ser cierto o falso según sea el caso. La deposición de proteína continúa incrementado al aumentar la ganancia de peso (en la etapa de crecimiento y desarrollo), mientras que la deposición de grasa aumenta con la madurez fisiológica del animal (etapa de finalización). Es decir un animal puede presentar ganancia alta de peso, pero con una deposición de grasa baja si el animal es joven, y otro puede estar depositando más grasa con una menor ganancia en los últimos días de finalización; por tanto no siempre van depositar más grasa con un ganancia rápida. Desafortunadamente las correlaciones entre tasa de ganancia de peso, acreción de proteína, y grasa son confundidos por factores tales como la madurez, genética, edad y peso (Owens *et al.*, 1995).

Grasa subcutánea

La medición de la grasa subcutánea, también llamada grosor o espesor de la grasa dorsal (GGD), es el indicador más importante de la composición de la canal (Greiner *et al.*, 2003). Por tal motivo algunos investigadores lo toman como predictor único de la grasa corporal (Brethour, 2004; Miller *et al.*, 1988).

De hecho, integrando varias características en modelos de regresión múltiple GGD ha logrado explicar mayor cantidad de información en cambios de peso que las otras características consideradas, por lo cual tiene mayor impacto en la predicción de grasa corporal, tal como reportaron Guiroy *et al.* (2001) en la siguiente ecuación: $EBF = 17.76207 + (4.68142 \times FT) + (0.01945 \times HCW) + (0.81855 \times QG) - (0.06754 \times LMA)$ donde EBF= grasa corporal, FT = GGD, HCW= peso de la canal caliente, QG=grado de calidad y LMA= area del musculo *Longissimus*. Incluso, han tratado de predecir la grasa corporal futura en base a GGD actual estimada con ultrasonido (Brethour, 2004), sin embargo, esto es imposible cuando los animales, que llegan al corral son muy jóvenes y/o con bajo peso, porque existe poca o nula GGD (Zinn, 2008; comunicación personal).

La grasa subcutánea se aprecia hasta que los animales alcanzan un 23% de grasa corporal y los animales jóvenes solo tienen entre 8 y 10% de grasa corporal. En el caso de animales añeros, Brethour (2000) observó menos de 2 mm de GGD en animales entre 12 y 14 meses. De esta forma, la escasa o nula presencia de GGD, explica que la exactitud de la predicción sea baja o imposible, es decir, a menor cantidad mayor es la dificultad de detectarla. Brethour (2000), observó que el vaticinio fue optimizando conforme se aproximaba la fecha del sacrificio, es decir al aumentar GGD se mejora la predicción de grasa corporal en base a ésta. Esto sugiere que las predicciones en base a GGD se realicen después de que los animales hayan estado algunos días en el corral. Por otra parte, aunque el grosor de la grasa subcutánea es altamente correlacionada en forma positiva con el porcentaje de grasa de canal ($r^2 = 0.807$), su relación con el marmoleo es bajo ($r^2 = 0.083$) según lo señala Brethour, (2004), que significa que un animal puede presentar un GGD de 1.27 cm (considerado como el GGD obtenido a un peso maduro) pero el marmoleo puede o no ser el óptimo para obtener la clasificación "Choice". Por otra parte, Hamlin *et al.*, (1995) observaron que animales que llegaron livianos al corral alcanzaron un mayor GGD comparados con los animales que llegaron pesados, cuando ambos tenían el mismo peso corporal, lo cual implica que no se deben utilizar las ecuaciones de predicción hechas con bases de datos de animales que entran al corral siendo añeros para estimar la grasa corporal de animales que llegan siendo becerros, de lo contrario se estará sobreestimando la cantidad de grasa corporal.

Grasa intramuscular

La grasa intramuscular (GI) se encuentra entrelazada o entreverada en el músculo. La cantidad de GI en la canal se expresa como porcentaje de marmoleo. Según May *et al.* (1992) en la actualidad, el porcentaje de marmoleo es la característica de la canal que determina el nivel o grado de clasificación de las canales de animales jóvenes (< de 42 meses de edad al sacrificio) de acuerdo con el USDA (Departamento de Agricultura de Los Estados Unidos; *United States Department of Agriculture*).

Una menor proporción de animales, que llegan al corral siendo becerros, alcanzan el marmoleo necesario para clasificar como “Choice” comparados con los animales que entran al corral siendo añeros (Zinn, 2010; comunicación personal). Una probable explicación a lo anterior, es que los becerros empiezan a depositar grasa subcutánea antes que los añeros en el corral de engorda por tener disponibilidad de energía antes que los añeros; siguiendo la secuencia de la acumulación de grasa en los diferentes depósitos, la grasa subcutánea se deposita antes que la intramuscular por lo que cuando los becerros obtienen 1.27 cm de grasa subcutánea (GGD alcanzado con 28 % de grasa corporal) todavía no depositan gran cantidad de grasa intramuscular al no tener la madurez fisiológica.

Grasa corporal al inicio del periodo de engorda

Tedeschi *et al.* (2004), señalaron que la estimación exacta de la composición corporal inicial, es importante para la predicción de grasa corporal en cualquier etapa de la engorda. Por otra parte Owens *et al.* (1995), confirmaron que la ganancia total de grasa varió con el contenido de grasa inicial. Según Waldman *et al.* (1969), la cantidad de grasa inicial está relacionada al peso vivo inicial. Zinn (2008), señala que la grasa corporal inicial de animales chicos oscila entre 8 y 10%, mientras que los animales con un peso medio tienen entre 10 y 13%.

Similarmente, Hersom *et al.* (2004), reportaron que el porcentaje de grasa corporal fue de: 19.7, 13.1 y 5.5% para novillos con diferente ganancia de peso antes de la ceba, esto es: alta, media y baja respectivamente, variaron significativamente con el peso inicial medio de: 346.1, 268.6 y 206.2 kg, respectivamente; es interesante señalar las ganancias de peso subsecuentes no fueron diferentes entre los tratamientos. Por lo tanto, es importante conocer el porcentaje de grasa corporal de los animales a la llegada al corral, sin embargo, tiene un mayor grado de complejidad que predecir grasa corporal final. Es difícil estimarla en base al peso porque depende de factores como ADG, régimen alimenticio, raza, o incluso la alimentación de la madre durante la preñez. Otra alternativa es la estimación con ultrasonido pero la escasa o nula cantidad de grasa dificulta la detección lo que resulta en una baja precisión.

Relación entre peso y porcentaje de grasa corporal

Conociendo los kilogramos necesarios para cambiar 1% la grasa corporal se podría predecir en que peso un animal obtiene un determinado porcentaje, cuantificando el contenido actual de la grasa corporal. Por ejemplo, en la ecuación $AFBW = EBW + (28 - EBF_{\text{actual}}) * 14.26 / 0.891$ de Guiroy *et al.* (2001) manifestaron que se requiere de 14.26 kg de peso vivo vacío (EBW, Empty Body Weight) para aumentar un punto porcentual la grasa de la canal; sin embargo el 14.26 kg / 1% de grasa no es constante para todos

los animales, ni en cualquier etapa de la engorda, ya que este valor depende de varios factores como: raza, talla, ganancia diaria de peso, y etapa de la ceba.

El rango de peso de los animales para determinar este valor, afecta la relación entre peso y grasa corporal; esto es, a medida que el peso corporal es menor, el número de kilos necesarios para cambiar 1%, el EBF será mayor comparado con un peso corporal alto, esto se debe a que animales livianos generalmente son jóvenes por edad (Hamlin *et al.*, 1995), los cuales presentan un crecimiento mayor de hueso y músculo y menor de grasa, por lo que depositan principalmente proteína, lo que implica que los becerros necesitan más kilogramos de peso para aumentar la grasa corporal, comparados con los añeros.

Consecuentemente, los becerros requieren un mayor número de días en corral comparándolos con los mas añeros. Por ejemplo Simpfendorfer (1974), obtuvo un valor de 19 kg/1%, porque incluyó en su base de datos animales demasiado jóvenes (recién nacidos) y animales maduros de más de 800 kg de peso, pensando que se compensarían unos vacunos con otros, pero este valor es mayor que 14.26 obtenido por Guiroy *et al.* (2001), quienes utilizaron añeros principalmente. Por otra parte, la ganancia diaria de peso debe ser típica de un corral de engorda (>1.3 kg/d), porque es donde se pretende aplicar. El valor logrado en el trabajo de Guiroy *et al.* (2001) con añeros obtuvieron más de 1.2 kg/d, valor diferente al conseguido por Simpfendorfer (1974), quien incluyó en su estudio animales con ganancias de peso negativas, es decir, con pérdida de peso de hasta 225 g/d, y como es de esperarse vacunos con ganancias bajas y/o negativas, van a requerir de mayor peso para cambiar su contenido de grasa corporal. Otro indicador que afecta la relación de peso con el porcentaje de grasa corporal es la etapa de la engorda, o los días en el corral, porque un animal deposita más grasa conforme se aproxima al sacrificio. El valor (14.26 kg/1%) obtenido por Guiroy *et al.* (2001), con animales entre 400 y 500 kg; es muy próximo al valor 14.85 kg, observado en la tabla 3-1 del NRC (2000), con animales de 450 a 500 kg. Así mismo, la talla y /o raza de los animales debe ser considerada al relacionar el peso con la cantidad de grasa porque existe diferencia en el peso maduro entre razas, aquellas de talla grande presentan un peso maduro más elevado con mayores ganancias de peso, que razas de talla pequeña o de madurez temprana, lo que implica que el peso al que alcanzan un porcentaje grasa, es diferente entre razas.

También puede hallarse diferencia entre las razas, aunque tengan el mismo peso maduro dependiendo si son razas especializadas en la producción de carne o leche. Se ha encontrado que los novillos Holstein se diferencian de las razas de carne en el sitio de deposición de grasa (Comerford *et al.*, 1992), ya que el ganado lechero deposita la

más alta proporción de grasa interna que no forma parte de la canal, lo cual se diferencia de las razas productoras de carne tradicionales (Dolezal *et al.*, 1993).

Así Kempster (1981), indicó que la selección de la raza Holstein para alta producción de leche ha conducido indirectamente al aumento en la distribución de depósitos internos de grasa para proveer energía más rápidamente durante periodos de alta demanda de energía, como es la lactación. También se ha visto que razas especializadas en la producción de carne tienen una mayor relación músculo: hueso, comparado con las razas lecheras (Torretera, 2005).

Peso inicial

El peso inicial (PI) se refiere al peso que ingresan los animales a un corral de engorda. Puede representar la edad por la gran correlación (0.91) entre ambas (Hamlin *et al.*, 1995), pero también influyen la talla del animal, alimentación, o la tasa de ganancia previa a la engorda (Hersom *et al.* 2004). Es reconocido como un factor importante que influye en la estimación de la composición corporal (Miller *et al.*, 1988) porque influye sobre las variables que componen las ecuaciones de predicción (i.e. peso final, peso de la canal, área del músculo *Longísimus dorsi*, grasa dorsal e intramuscular).

Zinn *et al.* (2008) señala que es primordial tomar en cuenta el PI en la determinación del peso maduro, ya que animales de mayor PI alcanzan su rendimiento máximo con un peso final mayor, que animales que ingresan al corral más livianos, lo cual tiene impacto económico para los productores de USA, ya que el peso de la canal es uno de los aspectos que se toma en cuenta para el precio (Lawrence *et al.*, 2008). Devillier (2003), observó que el peso de la canal incrementó linealmente, a medida que incrementó el peso inicial; lo cual coincide con Torretera (2005), ya que encontró que el peso final explica el 89 % de la variación del peso de la canal. El área del ojo de la costilla, es un reflejo del crecimiento de la masa muscular, la cual aumenta con el peso de la canal y peso final. Por ejemplo, Schoonmaker *et al.* (2002), encontraron que la deposición de la grasa y área del ojo de la costilla es afectada por la edad de ingreso del animal al corral de engorda, ya que encontraron que animales que entraron más jóvenes al corral (111 d de edad), presentaron una mayor área del músculo *Longísimus dorsi* que se integraron a 202 371 d de edad.

Loya-Olguin (2011), encontró que animales con bajo PI no presentan grasa intramuscular (marmoleo), y tienen un mayor grosor de grasa subcutánea final comparados con los de mayor peso, lo cual coincide con Hamlin *et al.* (1995). Cabe señalar que la correlación entre grasa subcutánea e intramuscular es baja, $r^2 = 0.083$, (Loya-Olguin, 2011). Por esto, la engorda de becerros es una alternativa para producir carne "*Light*" por su menor contenido grasa intramuscular. Sin embargo, se afectan las

características organolépticas de la carne. Por ejemplo, Thonney *et al.* (1991), observaron que vacunos con mayor peso inicial dentro de la 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 peso inicial liviano, esto se debe a que los animales delgados tienen poca posibilidad de depositar grasa intramuscular. Por esta razón, Zinn (2010), señala que de grupos de animales con peso inicial liviano, un menor porcentaje de ellos califican como Choice, comparados con los animales pesados.

CONCLUSIÓN

El peso inicial (PI), altamente correlacionado con la edad, tiene efecto sobre el peso final y las características de la canal que se emplean para la estimación de la grasa corporal, por lo tanto, PI debe ser tomado en cuenta en la aplicación y elaboración de ecuaciones de predicción de grasa corporal.

LITERATURA CITADA

BAKER MJ, Tedeschi LO, Fox DG, Henning WR, Ketchen DJ. Using ultrasound measurements to predict body composition of yearling bulls. *J. Anim. Sci.* 2006; 84:2666-2672.

BERG RT, Butterfield RM. *New Concepts of Cattle Growth*. Sidney University Press. Australia. 2006.

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

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

COMERFORD JW, House RB, Harpster HW, Henning WR, Cooper JB. Effects of forage and protein source on feedlot performance and carcass traits of Holstein and crossbred beef steers. *J. Anim. Sci.* 1992; 70:1022.

DEVILLIER JE. *The Louisiana calf-to-carcass program: Growth and carcass traits*. Ph. D. Dissertation. Louisiana State University. 2003.

DOLEZAL HG, Tatum JD, Williams FL Jr. Effects of feeder cattle frame size, muscle thickness, and age class on days fed, weight and carcass composition. *J. Anim. Sci.* 1993; 71:2975.

GARRETT WN. Relationship between energy metabolism and the amounts of protein and fat deposited in growing cattle. *Energy Metab. Proc. Symp.* 1987; 26:3.

GREINER SP, Rouse GH, Wilson DE, Cundiff LV, Wheeler TL. The relationship between ultrasound measurements and carcass fat thickness and *longissimus* muscle area in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2003; 81:676-682.

- GUIROY PJ, Fox DG, Tedeschi LO, Baker MJ, Cravey MD. Predicting individual feed requirements of cattle fed in groups. *J. Anim. Sci.* 2001; 79:1983.
- GUIROY PJ, Tedeschi LO, Fox DG, Hutcheson JP. The effects of implant strategy on finished body weight of beef cattle. *J. Anim. Sci.* 2002; 80:1791.
- HAMLIN KE, Green RD, Perkins TL, Cundiff LV, Miller LF. Real-time ultrasonic measurements of fat thickness and *longissimus* muscle area: I. Description of age and weight effects. *J. Anim. Sci.* 1995; 73:1713-1724.
- HERSOM MJ, Horn GW, Krehbiel CR, Phillips WA. Effect of live weight gain of steers during winter grazing: I. Feedlot performance, carcass characteristics, and body composition of beef steers. *J. Anim. Sci.* 2004; 82:262-272.
- KARNUAH AB, Moriya K, Nakanishi N, Nade T, Mitsuhashi T, Sasaki Y. Computer image analysis for prediction of carcass composition from cross-sections of Japanese black steers. *J. Anim. Sci.* 2001; 79:2851.
- KEMPSTER AJ. Fat partition and distribution in carcass of cattle, sheep and pigs: A review. *Meat Sci.* 1981; 5:83.
- KORVER S, Tess MW, Johnson T, Anderson BB. Size scaled lean and fat growth patterns of serially slaughtered beef animals. *J. Anim. Sci.* 1987; 64:1292.
- LAWRENCE TLJ, Fowler VR. Growth of farm animals. CABI Publishing. 2002.
- LAWRENCE TE, Farrow RL, Zollinger BL, Spivey QS. 2008. Technical 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.* 2008; 86:1434-1438.
- LOYA-OLGUIN JL. Predicción de la grasa corporal de novillos livianos de engorda. (Tesis Doctoral). Mexicali, Baja California; México. Universidad Autónoma de Baja California. 2011.
- MAY SG, Dolezal HG, Gill DR, Ray FK, Buchanan DS. Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on post-mortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 1992; 70:444.
- MILLER MF, Cross HR, Baker JF, Byers FM, Recio HA. 1988. Evaluation of live and carcass techniques for predicting beef carcass composition. *Meat Sci.* 1988; 23:111.
- NRC. Nutrient requirements of beef cattle (Update 2000). National Academy Press, Washington, DC. 2000.
- OWENS FN, Gill DR, Secrist DS, Coleman SW. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 1995; 73:3152.
- OWENS FN, Dubeski P, Hanson CF. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 1993; 73:3138.
- PRIYANTO R, Johnson ER, Taylor DG. Investigations into the accuracy of prediction of beef carcass composition using subcutaneous fat thickness and carcass weight I. Identifying problems. *Meat Science.* 1997; 46:147.

- ROMPALA RE, Jones SDM, Buchanan-Smith JG, Bayley HS. Feedlot performance and composition of gain in late-maturing steers exhibiting normal and compensatory growth. *J. Anim. Sci.* 1985; 61:637.
- SALINAS CJ, Yado R, Lerma DEC. *Nutrición básica*. Primera edición. Departamento de Fomento Editorial. Tamaulipas, México. 1997.
- SCHOONMAKER JP, Loerch SC, Fluharty FL, Zerby HN, Turner TB. Effect of age at feedlot entry on performance and carcass characteristics of bulls and steers. *J. Anim. Sci.* 2002; 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 RE. *Scientific farm animal production: an introduction to animal science*. Fourth edition. Macmillan Publishing Company. U.S.A. 1992.
- TEDESCHI LO, Fox DG, Guioy PJ. A decision support system to improve individual cattle management. 1. A mechanistic, dynamic model for animal growth. *Agric. Sys. J.* 2004; 79:171.
- THONNEY ML, Perry TC, Armbruster G, Beermann DH, Fox DG. Comparison of steaks from Holstein and Simmental x Angus steers. *J. Anim. Sci.* 1991; 69: 4866-4870.
- TORRENTERA N. *Modelo de predicción del rendimiento de canales de ganado bovino de engorda* (Tesis Doctoral). Mexicali, Baja California; México. Universidad Autónoma de Baja California. 2005.
- TYLUTKI TP, Fox DG, Anrique RG. Predicting net energy and protein requirements for growth of implanted and no implanted bulls varying in body size. *J. Anim. Sci.* 1994; 72:1806.
- WALDMAN RC, Tyler WJ, Brungardt VH. Estimation of body composition in young calves. *J. Anim. Sci.* 1969; 29:426-428.
- WALL PB, Rouse GH, Wilson DE, Tait RG Jr. Use of ultrasound to predict body composition changes in steers at 100 and 65 days before slaughter. *J. Anim. Sci.* 2004; 82:1621-1629.
- ZINN RA, Barreras A, Owens FN, Plascencia A. Performance by feedlot steers and heifers: Daily gains, mature weight, dry matter intake, and dietary energetics. *J. Anim. Sci.* 2008; 86:2680-26.