



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y
ZOOTECNIA**

**RELACIÓN DEL PESO VIVO CON LA
CIRCUNFERENCIA TORÁCICA, LARGOESTERNO-
ILIOISQUIA Y CONDICIÓN CORPORAL EN
GANADO BOVINO COMERCIAL**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

**PRESENTA
ALBERTO CASTILLO FRANCO**



A S E S O R
Dr. Eligio Gabriel Salgado Hernández

[Ciudad Universitaria, Cd. Mx. 2023



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

A mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Formándome con reglas y libertad, pero al final con el objetivo de perseguir mis anhelos.

A mis hermanos por ser una motivación en mi día a día y que con su cariño me impulsaron para salir adelante, además de saber que mis logros también son suyos.

AGRADECIMIENTOS

A mis tutores y jurado de tesis quienes a pesar del tiempo nunca desistieron en apoyar este proyecto.

A Priscila por el apoyo incondicional y la motivación.

INDICE

Resumen	.....	1
Introducción	.....	2
Hipótesis	.....	9
Objetivo general	.....	9
Objetivos particulares	.....	9
Material y métodos	.....	10
Análisis estadístico	.....	11
Resultados	.....	12
Discusión	.....	17
Conclusión	.....	19
Apéndice	.....	20
Referencias	.....	22

RESUMEN

Conocer el peso de los animales es de suma importancia en la ganadería, ya que nos permite realizar múltiples actividades en la engorda de ganado bovino, como: dosificación de medicamentos, evaluación de raciones alimenticias y una de las más importantes la compra-venta de los mismos; lamentablemente no siempre se cuenta con la infraestructura necesaria, como una báscula.

Existen diferentes métodos de estimación del peso vivo, sin embargo, estos métodos se han aplicado en razas, pesos y edades específicas, los cuales podrían ser inexactos en ganado bovino de engorda comercial.

Adicionalmente en muy pocos estudios se ha considerado la condición corporal. El objetivo de este estudio fue determinar el peso vivo de ganado comercial y su relación con la circunferencia torácica, largo esterno-ilioisquial, condición corporal y obtener una ecuación para la estimación del peso corporal del ganado bovino comercial. Para esto se midieron 1500 bovinos de distintos fenotipos, machos (1234) y hembras (266), con rango de peso mínimo de 100 kg y máximo de 600 kg, provenientes de diversos lugares de la República Mexicana; de los cuales se midió la circunferencia torácica (CT), largo esterno-ilioisquial (LEI), la condición corporal (CC) en escala de 1 a 9 y el peso vivo en báscula (PVB). Para determinar la asociación entre estas medidas se realizaron análisis de regresión lineal simple y lineal múltiple. El peso vivo estimado (PVE) mediante la fórmula $PVE = [(CC * 6.6838) + (CT * 3.2059) + (LEI * 0.5496)] - 311.57$, presentó el coeficiente de correlación (R^2) más alto ($R^2 = 0.58$) con relación al PVB. Se concluyó que la estimación del peso vivo puede ser muy variable por múltiples factores y es por ello que se recomienda en la medida de lo posible contar con una báscula calibrada para tener un menor rango de error al determinar el peso vivo en el ganado bovino comercial.

Palabras clave: peso vivo, báscula, estimación, fórmula.

Introducción:

La carne de bovino se considera un alimento de gran importancia, ya que contiene un vasto contenido de nutrientes para la salud humana, la carne contiene aproximadamente 19% de proteína de excelente calidad. La cantidad de grasa dependerá del tipo de corte cárnico. El valor energético de la carne aumenta con el contenido de grasa (ácidos grasos saturados y colesterol). La carne proporciona además riboflavina, niacina, tiamina, vitaminas A y C; así como minerales como hierro, zinc y fósforo. (Tabla 1, anexo) (SADER; 2021).

Como actividad económica, la ganadería participa aproximadamente con el 12% del PIB (Producto Interno Bruto) Nacional, esto para el año 2020 presentando el mayor incremento de producción cárnica 4.1% en los últimos 6 años (2016-2022), al finalizar el 2022 se registró un aumento en la producción de carne del 2.6%. La contingencia sanitaria por el COVID-19 en el último año impactó desfavorablemente la actividad productiva de la industria cárnica. El incremento en la demanda de la producción cárnica a nivel nacional es favorable en todos los niveles de la ganadería.

En nuestro país se lleva a cabo la cadena completa de producción cárnica al igual que en el resto de los países, la diferencia radica en que el sector se encuentra segmentado por los diferentes estadios fisiológicos; con sistemas de producción como, vaca-becerro, venta de becerros a media ceba, en sistemas extensivos e intensivos de crecimiento y engorda. En todos estos sistemas encontramos un intercambio comercial constante de ganado, en el que existen muchos intermediarios, esto relacionado a los tipos de comercialización de bovinos que se encuentran en México, 1) el integrado a los rastros tipo inspección federal (TIF) y 2) el tradicional (no integrado) con sacrificios en rastros municipales o particulares, en el cual participan los siguientes agentes en el mejor de los casos, productor, acopiador, introductor, rastro, mayorista, tablajero y consumidor (Bravo, 2002).

El acopio, realizado la mayoría de las veces por el introductor consiste en recolectar bovinos (de rancho en rancho) destinados para el abasto, agruparlos en lotes e introducirlos a la engorda o directamente al rastro dependiendo el peso de los animales por lote. En el rastro solo se proporciona el servicio de matanza a los animales. La distribución, realizada por el introductor o el tablajero, consiste en él envió de la carne en canal del rastro a las carnicerías, donde el consumidor adquiere la carne al menudeo (cortes populares). En todo este proceso tenemos la interacción compra-venta de ganado y en el que encontramos a los intermediarios los cuales obtienen en la mayoría de los casos el mayor margen de ganancia económica y que afecta el precio para el consumidor final, pero los que primero se verán afectados son los vendedores de ganado, los cuales venden animales en pie (kg en pie), ya que no siempre se cuenta con la infraestructura necesaria en todas las unidades de producción; como tener una báscula. Sin embargo, la determinación del peso por medio de la observación es muy subjetiva y por tanto muy variable, es

con ello que surge la necesidad de desarrollar sistemas y técnicas que permitan reducir la variación de la estimación del peso vivo y con ello tener precios más justos tanto para los productores, como los compradores (Vilaboa, 2009).

Desde inicios de la ganadería a nivel mundial ha sido de suma importancia el conocer el peso de los animales, no solo del ganado bovino, esto llevó a que algunos investigadores se dieran a la tarea de idear métodos que permitieran ayudar a determinar dicho peso por falta de tecnologías como las básculas en esos tiempos. Por mencionar solo algunos de los precursores tenemos a Quetelet y Crevat, quienes a pesar de ser autores diferentes y proponer fórmulas distintas; el uso de sus fórmulas se ha mantenido a lo largo de los años hasta la actualidad. De los primeros libros en los que se menciona el uso de estas fórmulas y su aplicación, tenemos el reporte de Pautet de 1908, quien describe el uso de las fórmulas de Quetelet y Crevat, los cuales presentan de manera individual una fórmula para la estimación de peso en el ganado, tomando en cuenta diferentes mediciones corporales, y aunque no se menciona el por qué cada autor determinó diferentes mediciones corporales ni la elección de cada una de ellas, se intuye que se debe a la facilidad con que estas pueden ser tomadas por cualquier individuo.

- Fórmula Quetelet: $Peso V = [(Perímetro Toracico^2) * (Largo Corporal) * (87.5)]$
- Fórmula de Crevat: $Peso V = [(constante) * (Perímetro Torácico en metros^3)]$

En el caso de la fórmula de Crevat, presenta una constante dependiendo del estado fisiológico del animal, como se muestra en la (tabla 2).

Tabla 1 Constante para la estimación de peso vivo mediante el estado fisiológico establecido por Crevat.

Becerras.	$PV = 100 * CT^3$
Terneros y Terneras.	$PV = 90 * CT^3$
Bueyes en buen estado.	$PV = 80 * CT^3$
Bueyes medio cebados.	$PV = 78 * CT^3$
Bueyes bastante cebados.	$PV = 76 * CT^3$
Buey cebado.	$PV = 74 * CT^3$
Buey muy cebado.	$PV = 72 * CT^3$
Buey absolutamente cebado.	$PV = 70 * CT^3$

Si bien Quetelet y Crevat propusieron fórmulas para una estimación del peso vivo, los cambios en la modificación genética y la función zootécnica del ganado bovino han generado la necesidad de actualizar las fórmulas, mediante estudios de nuevos

autores e incluso generar nuevos métodos de estimación con diferentes mediciones corporales.

Con el paso del tiempo más autores se sumaron a la investigación de nuevos métodos zoométricos, dependiendo el lugar geográfico y razas específicas, así como la mezcla de estas.

En Colombia, Henao en 1994, estimó el peso en ganado Pardo Suizo, tomando en cuenta solamente hembras entre 2.5 y 14 años con 1 parto registrado como mínimo, y en su estudio contempla las siguientes mediciones corporales:

- a) Alzada: correspondiente a la medida entre el piso y la parte más alta a la cruz, cuando el animal se encuentra en un plano horizontal.
- b) Perímetro torácico: se efectúa pasando a la altura regional de la cruz dando una vuelta completa a la circunferencia torácica pasando justo por detrás del codo.
- c) Perímetro abdominal: en hembras se hace pasando a la altura de la cicatriz umbilical y en machos por la parte craneal del prepucio; en ambos casos se rodea completamente la circunferencia abdominal.
- d) Largo esternoilíoisquial; es la distancia medida desde el extremo craneal del esternón hasta la punta de la cadera (ilíon), y la región media del músculo semitendinoso, tomando en un solo plano anatómico del animal.

Dichas medidas se examinaron mediante regresión lineal simple, entre el peso vivo, obteniendo los siguientes resultados con respecto al coeficiente de determinación: Alzada ($r = 0.54352$), Perímetro Torácico ($r = 0.90709$), Perímetro Abdominal ($r = 0.85919$) y largo esternoilíoisquial ($r = 0.81894$). Aunque estas medidas presentan una significancia “alta” para el autor, solo se inclina por el perímetro torácico ya que presenta una máxima asociación con el peso vivo. Presentando la siguiente fórmula para estimación del peso vivo.

$$\text{Peso Vivo} = 7.6481 (\text{Perímetro Torácico}) - 913.1313$$

Desafortunadamente no se menciona ninguna evaluación de regresión múltiple para este estudio

Igual en Colombia, pero para el año 2022 Mahecha, se enfocó en la raza Lucerna considerando 1221 hembras y 52 machos, tomando en cuenta esta cantidad de animales por la disponibilidad existente. Tomando en cuenta las siguientes mediciones:

- a) Altura corporal: medición de la alzada, en su punto más alto del suelo a la cruz.
- b) Perímetro torácico: medición señalada en la descripción anterior.
- c) Longitud corporal: distancia que va de la región del encuentro (esternón), a la tuberosidad isquiática.

No se menciona por que el autor tomó en consideración estas medidas bovinométricas, mediante las cuales realizó evaluaciones estadísticas descriptivas para determinar los rangos en que se encuentran las medidas recabadas, los promedios, las desviaciones estándar y los coeficientes de variación. Para determinar las medidas corporales de los bovinos que más se asocia con el peso vivo de la raza Lucerna, se hallaron las correlaciones entre cada medida y el peso vivo de los animales y se analizó mediante regresión lineal múltiple. Con lo que obtuvo los siguientes resultados, para el caso de regresión lineal simple, altura corporal ($R^2 = 0.9304$), perímetro torácico ($R^2 = 0.9647$), longitud corporal ($R^2 = 0.9338$) y para regresión lineal múltiple ($R^2 = 0.9737$). Mahecha, (2022) determinó que la mejor medida para correlacionar con el peso vivo es el perímetro torácico, confirmando que un alto porcentaje de los cambios en el peso vivo del animal pueden ser explicados por los cambios en el perímetro torácico de los mismos, por lo tanto, el perímetro torácico representa una base importante en la selección temprana de hembras y machos, para su uso en la predicción del peso vivo. Si bien es cierto que se tomaron tres medidas diferentes en este estudio, Mahecha (2022) menciona que el perímetro torácico fue la medida con menor dificultad para ser obtenida, pero aún con todas estas variantes presentó un coeficiente de variación por debajo del 10% para las tres mediciones corporales; y es por ello que se inclina por el perímetro torácico, como medición para la estimación del peso vivo.

Es importante mencionar que los últimos dos estudios con respecto a la estimación del peso vivo en ganado bovino no presentan ninguna relación entre sí, pero se enfocan en razas específicas mencionadas para cada estudio (Pardo Suizo y Lucerna) respectivamente, sin tener en consideración los cruzamientos que pueden existir entre estas razas y muchas otras razas de bovinos.

En Cuba, Correa en el año 2005 mediante investigación bibliográfica, concluyó una fórmula para ganado comercial, incluyendo *Bos primigenius taurus* y *Bos primigenius indicus* con lo que comprende animales de raza y sus múltiples cruzamientos; en la que se integra el perímetro torácico y el largo corporal. A diferencia de las fórmulas anteriormente mencionadas las cuales miden en centímetros y dan la estimación del peso vivo en kilogramos, Correa (2005) contempla, pulgadas para la medición corporal y libras para la estimación del peso vivo.

Peso Vivo(libras)= Perímetro Toracico²(pulgadas)* Largo Corporal (pulgadas)/300.

Aun cuando existen estos métodos de medición corporal antes mencionados, en algunos lugares de México y el mundo se continúan usando las estimaciones de peso vivo mediante la visualización del ganado bovino, dando un peso vivo aproximado o completamente erróneo y en muy raras ocasiones exacto. En este sentido se puede destacar el estudio de Tebug en Senegal, quien en el año 2018 realizó la estimación del peso vivo en animales lecheros de doble propósito

principalmente cebúes indígenas y sus cruzas con Guzerat o *Bos primigenius taurus*, en donde obtuvo las siguientes mediciones:

- a) Circunferencia del corazón (HG, por sus siglas en inglés) (cm), esta medida se realiza de la misma manera que la circunferencia torácica.
- b) Altura a la cruz. (HW, por sus siglas en inglés) (cm)
- c) Estimación de peso vivo de manera visual por los productores.

De la estimación del peso vivo por parte de los productores, solo lograron aproximarse en una cuarta parte de los animales evaluados (459 hembras), es decir solo en 115 animales se tuvo una aproximación del peso vivo errando ± 20 kg por animal.

Tebug (2018) en su estudio evalúa animales lecheros de doble propósito, para los cuales la medición con mejor relación respectivamente al peso vivo fue la circunferencia cardíaca ($R=0.92$), en comparación con la relación entre el peso vivo y altura a la cruz ($R^2=0.78$) y entre circunferencia cardíaca y altura a la cruz ($R^2=0.77$). Estos resultados ayudan a comprender que aun cuando la medición corporal no es completamente confiable para saber el peso de los animales podemos tener una mejor aproximación a este, a diferencia de la estimación visual en donde intervienen factores diferentes que evalúa cada individuo a su manera. Lamentablemente es complicado tener en consideración o realizar estudios en donde se contemple la estimación por parte de los productores, por la gran variabilidad en los resultados.

Todas las fórmulas para la estimación del peso vivo mencionadas con anterioridad en el presente documento, se han utilizado para estimar el peso vivo en bovinos, sin embargo, en ninguna de ella se toma en cuenta la condición corporal como parámetro para ser incluido en la ecuación; Lukuyu et al, en Kenia para el año 2016 incluyen la condición corporal a su fórmula para la estimación del peso vivo en ganado lechero mestizo.

$$\text{Peso Vivo} = (53.1 * \text{Condición Corporal}) + 94.46$$

Con esta ecuación en donde Lukuyu et al (2016) introducen la condición corporal obtuvieron un coeficiente de relación con valor de ($R^2=0.70$), pero aun con este valor presenta valores por debajo de este resultado para la longitud corporal y altura a la cruz, ($R^2=0.64$), ($R^2=0.61$), respectivamente; pero también presenta un valor superior para la circunferencia torácica ($R^2=0.84$). Aun cuando presenta la fórmula que adiciona la condición corporal, Lukuyu (2016), se mantiene en la decisión del uso de la circunferencia torácica, gracias a que con este modelo predijo el peso vivo en 95% del ganado lechero mestizo evaluado en el rango de 100 a 450 kg, también menciona que aun cuando la fórmula es certera en este estudio es recomendable hacer una evaluación previa en el lugar donde se implemente este método de estimación.

Las ecuaciones mencionadas en el presente documento para la predicción de peso vivo a partir de mediciones lineales, con excepción de la fórmula de Lukuyu, no consideran el grado de deposición de grasa en el organismo, el cual tiene una alta relación con la ingesta diaria de energía, que debe ser aportada en la dieta y en los casos del sistema productivo engorda, las raciones sobrepasan los requerimientos de mantenimiento.

De acuerdo con varios autores citados en el NRC (2000) un punto de condición corporal en la escala de 1 a 9 representa en promedio 55 kg de peso vivo, mientras que en la escala de 1 a 5, 1 punto de CC representa 83 kg de peso en razas europeas. Desafortunadamente no se presenta información otorgada a ganado *Bos primigenius Indicus*, con relación a los kilogramos que representan 1 punto de pérdida o ganancia de condición corporal, aunque se esperaría que una misma medida presente diferencias en el valor del peso por la variación en la proporción de los tejidos depositados en el organismo. Cuando el valor de la puntuación en la condición corporal en escala de 1 a 9, es menor, por ejemplo 1, la proporción músculo-grasa, se presenta en mayor cantidad la porción muscular y en menor cantidad la porción grasa, pero a mayor número en la escala los valores se verán invertidos respectivamente, esto siempre y cuando la ingesta de nutrientes lo permita. Como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 2 Escala de CC en proporción con % de grasa y % de proteína a lo largo del desarrollo alométrico. (NRC Beef Cattle; 2000)

Escala CC.	% de grasa	% de proteína
1	3.77	19.42
2	7.54	18.75
3	11.30	18.09
4	15.07	17.04
5	18.84	16.75
6	22.61	16.08
7	26.38	15.42
8	30.15	14.75
9	33.91	14.08

Es decir, los animales con mayor valor en la escala 1 a 9 de condición corporal presentaran mayor porcentaje de grasa y podría sugerir que la medición lineal será mayor, pero eso no demuestra que el peso vivo debe ser superior a los animales con menor porcentaje de grasa, en donde interviene la densidad de los tejidos mencionados anteriormente.

La inclusión de la condición corporal nos ayuda a evaluar la composición proporcional músculo – grasa de manera visual en el bovino la cual se ve modificada con el aumento de peso, es probable que si adicionamos esta medición bovinométrica se podría ser más certeros al estimar el peso vivo; dado que no es la

misma densidad del tejido muscular, con respecto al tejido adiposo. por la que se sabe que la densidad de la grasa es de 0,9 g/l y la de la masa muscular es de 1,1 g/l de forma constante (Horcada, 2010). En general, los valores medios para la composición bruta de la carne comestible de la carne fresca pueden aproximarse a 62% de humedad, 20% de grasa, 17% de proteína y 1% de cenizas para las carnes con grasas o 70% de humedad, 9% de grasa, 20% de proteína y 1% de cenizas en el caso de las carnes más magras (Schweigert, 1994).

En algunos animales el tipo racial nos permite valorar el desarrollo del ganado y diferencias en la forma de la deposición de tejido adiposo. Sin embargo, no presentan las mismas características, el ganado *Bos primigenius indicus*, que en el ganado *Bos primigenius taurus* y sus variaciones en los diversos cruzamientos. (Thrift, et al; 2010)¹

Para entender la condición corporal es necesario saber que los bovinos productores de carne almacenan energía en forma de tejido adiposo, pero en bovinos de engorda, el área corporal no ha llegado aún a su desarrollo definitivo a los 400 días de edad aproximadamente. La curva de crecimiento en bovinos es de tipo sigmoide, es decir tiene una forma de "S" rotada, en donde se presenta un incremento en el crecimiento a medida que el tamaño aumenta y generando una inflexión que decrece con el tiempo de vida. En esta etapa final de crecimiento la condición corporal aumenta, para llegar al punto de mantenimiento y posteriormente bajar. En este periodo de crecimiento podemos encontrar tres fases presentes: 1.- Fase de aceleración: se presenta un crecimiento rápido y positivo hasta llegar al punto de inflexión, 2.- Fase de desaceleración: en la que a partir del punto de inflexión la tasa de crecimiento comienza a disminuir, 3.- Fase lineal: en la que el animal deja de crecer o se considera una mera reposición de tejidos. Por otro lado, la función de desarrollo se puede ver afectada por el ambiente o el sistema de producción implementado (Miquel et al; 2018).

Por lo mencionado en la introducción anterior notamos que cada autor toma de manera distinta la estimación del peso vivo, con la obtención de cada una de sus fórmulas y la inclusión de las medidas lineales a considerar dependientes para cada una de ellas; se puede notar que son específicas para ciertas razas, alguna zona geográfica determinada o edad en particular, por otro lado, la condición corporal no ha sido incluida en las mediciones para estimar el peso.

Por todo lo antes mencionado en este estudio se pretende determinar una nueva ecuación que permita realizar la predicción del peso vivo en ganado bovino comercial, en la cual se incluya la circunferencia torácica, el largo esterno-ilioisquial y la condición corporal.

Hipótesis:

Existe una relación entre el peso vivo, la circunferencia torácica, largo esterno-ilioisquial y condición corporal, en ganado bovino comercial.

Objetivo general:

Determinar el peso vivo de ganado comercial y su relación con la circunferencia torácica, largo esterno-ilioisquial, condición corporal y obtener una ecuación para la estimación del peso corporal del ganado bovino comercial.

Objetivos particulares:

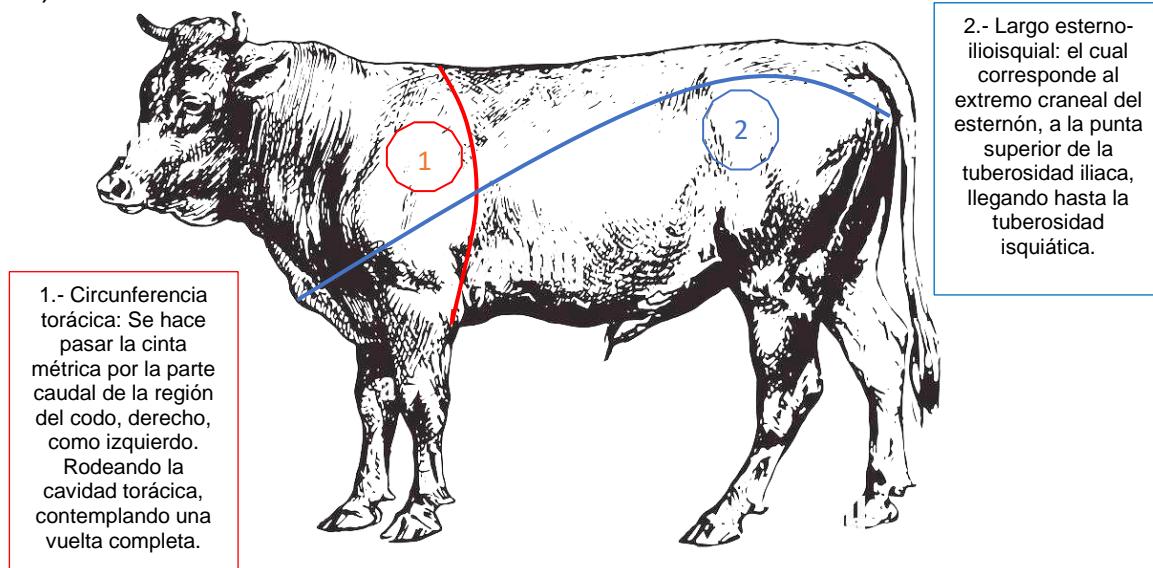
- 1.- Determinar circunferencia torácica, largo esterno-ilioisquial y condición corporal, en ganado bovino comercial.
- 2.- Obtener el peso vivo mediante una báscula electrónica.
- 3.- Analizar la relación entre el peso vivo obtenido en una báscula electrónica y las medidas morfométricas.
- 4.- Obtención de una ecuación para la estimación del peso corporal.

Material y Métodos:

El estudio se realizó en una engorda de ganado comercial ubicada en el municipio de Tamuín, San Luis Potosí, México. Para la obtención de datos se midieron 1500 bovinos de distintos fenotipos y sus cruzamientos, diferentes estadios fisiológicos, diferentes etapas del proceso de engorda, machos y hembras, con rango de peso mínimo de 100 kg y máximo de 600 kg, provenientes de diversos lugares de la

República Mexicana. Para la toma de las mediciones corporales es necesario entender, que el manejo que se realiza con los animales en la engorda de estudio, es un manejo sumamente rápido, es por ello que se tomaron los siguientes datos:

1.- Para realizar la medición se empleó una cinta métrica flexible de 250 cm, con la cual se midió la circunferencia torácica (**CT**) (cm) y el largo esterno-ilioisquial (**LEI**) (cm).



Se tomaron en consideración estas dos mediciones lineales por la rapidez para su determinación sobre la manga de manejo y por su fácil ajuste sobre el cuerpo de los animales.

2.- La condición corporal se evaluó en una escala de 1 a 9 respectivamente, de manera visual o en combinación entre lo visible y la palpación de estructuras externas. (**CC**) (Richard et al., 2014) (NRC., 2000)

3.- Clasificación de sexo, hembras (H) y machos (M).

4.- Para determinar el peso vivo (**PVB**), cada uno de los animales se introdujeron en una prensa hidráulica, la cual cuenta con báscula electrónica, de marca Silencer®; misma que fue previamente calibrada al iniciar cada día de trabajo. Los animales se pesaron en diferentes horarios a lo largo de la jornada laboral, con horario de 8:00 a 15:00 h., no se tomó ninguna consideración mediante restricciones alimenticias, evaluando animales en un rango de peso de 100 a 600 Kg de peso vivo; los cuales podían ser animales recién llegados a la engorda, en etapa intermedia o al término de la engorda.

La duración del procedimiento completo desde que los animales entraban en la manga de manejo, hasta la determinación del peso en la báscula, era

aproximadamente de 5 minutos por lote de 10 animales, no se repitió la medición de medidas lineales, condición corporal y peso, de ninguno de los 1500 animales evaluados.

Análisis estadístico

Se realizaron análisis de correlación, regresión lineal simple y regresión lineal múltiple para las posibles combinaciones entre los datos obtenidos; considerando un valor de $p < 0.05$ para contemplar significativo el modelo estadístico por medio del paquete de análisis de datos del programa Excel versión 16.0. Para determinar la relación entre el PV y las mediciones corporales, CT, LEI y la CC, a partir del análisis de datos se realizaron las siguientes correlaciones: PV vs CC; PV vs CT; PV vs LEI; PV vs fórmula Quetelet; PV vs fórmula Crevat. Estas correlaciones para la regresión lineal simple. En el caso de la correlación lineal múltiple se realizaron las siguientes correlaciones: PV vs CC, CT y LEI; PV vs CT Y LEI, lo cual arrojó diferentes fórmulas para la predicción del PV.

Los pesos estimados mediante las fórmulas obtenidas y los pesos estimados mediante las fórmulas de Quetelet y Crevat, se compararon con el peso en báscula mediante regresión lineal simple para cada uno de los comparativos, con su respectivo coeficiente de correlación.

En el presente estudio, para la fórmula de Crevat, se optó por tomar en cuenta la constante con el valor de 80, el cual se menciona en el apartado de introducción. El 82.27% de los animales evaluados fueron machos y 17.73% corresponde a hembras; y de los cuales se considera que más del 50% de los animales presentan una condición corporal por encima del valor de 5 puntos, en una escala de 1 a 9 puntos de condición corporal.

Lo que se busca al comparar la fórmula de Quetelet y Crevat, con respecto a las fórmulas obtenidas, es evaluar si el coeficiente de correlación presenta un valor mayor o se mantiene en valores similares al compararlo con el coeficiente de correlación de las fórmulas obtenidas.

Para realizar el comparativo entre los resultados de peso vivo obtenidos mediante la báscula y el peso estimado mediante las distintas fórmulas se realizaron gráficos de dispersión y de Bland-Altman para comparar los resultados obtenidos. El método de Bland - Altman permite la obtención de la concordancia entre cualquier tipo de variable cuantitativa, siempre que las medias de las diferencias se distribuyan de manera normal (Martínez; 2016).

Resultados

Al realizar la evaluación de la información mediante los modelos de regresión lineal (lineal simple y lineal múltiple) con diferentes comparativos entre las mediciones

recolectadas en el ganado bovino comercial tales como: PVB, CT, LEI y CC se encontraron los siguientes resultados:

Tabla 3 Fórmulas obtenidas mediante análisis de varianza para la estimación de peso vivo, integrando las fórmulas de Quetelet y Crevat.

Fórmula	R²	P
PVE= (CC 26.60)+161.14	0.23	<0.0001
PVE = (CT 3.90) – 315.7	0.57	<0.0001
PVE = (LEI3.96)-240.55	0.41	<0.0001
PVE= ((CC6.6838)+(CT3.2059)+(LEI0.5496)) – 311.57	0.58	<0.0001
PVE= (CT 3.51)+(LEI 0.57) – 332.2	0.57	<0.0001
(fórmula Quetelet) PV = (CT² * LC * 87.5)	0.56	<0.0001
(fórmula Crevat) PV = 80*CT³	0.56	<0.0001

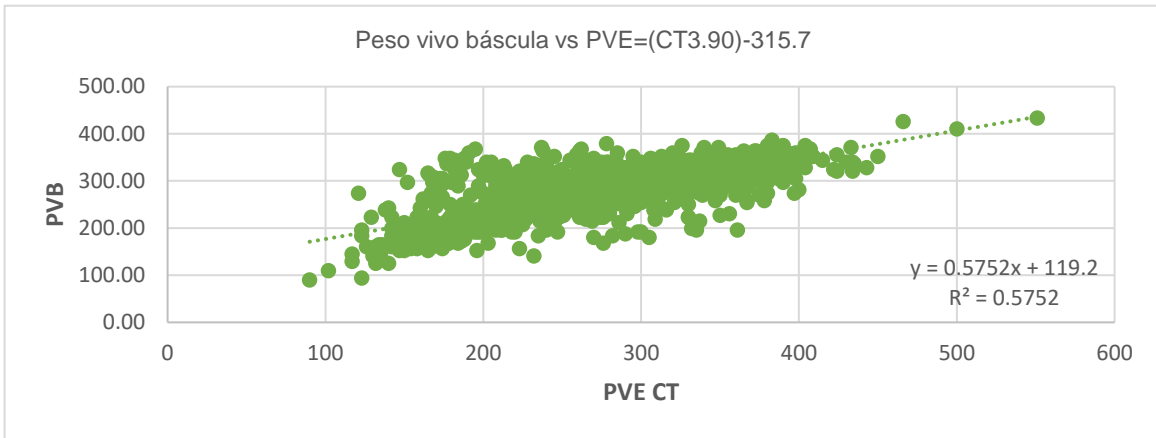
CC: Condición Corporal; CT: Circunferencia Torácica; LEI: Largo Esterno-ilioisquial; LC: Largo del Cuerpo.

La determinación de las fórmulas se efectuó mediante el análisis de varianza simple y múltiple para cada uno de los valores medidos y su integración entre ellos, determinando el valor del coeficiente de correlación.

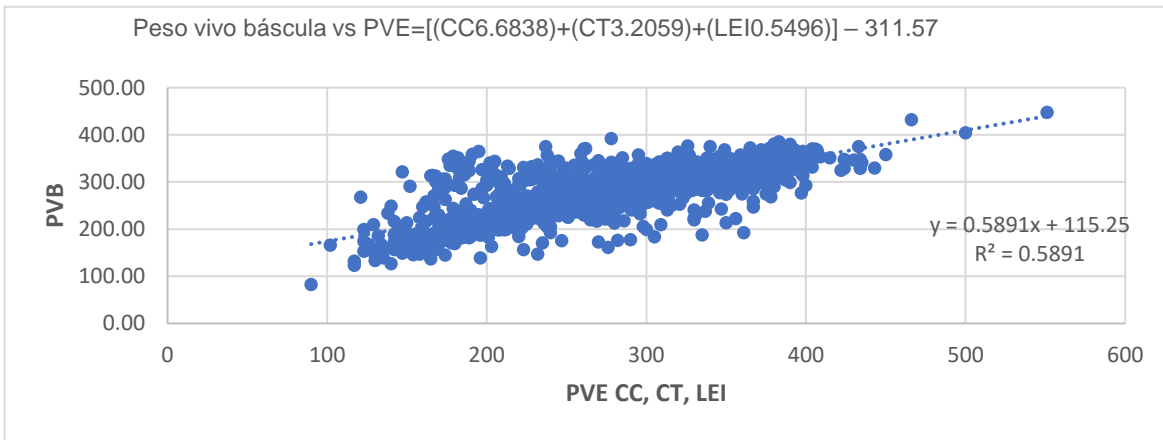
Una vez obtenidas las fórmulas de predicción del PV, mediante el análisis de varianza simple y múltiple, adicionando la fórmulas de Quetelet y Crevat de forma independiente, se predijo el peso vivo para cada uno de los 1500 animales y con el resultado obtenido para cada peso estimado, se llevó a cabo una comparación mediante un análisis de regresión lineal para el peso obtenido mediante cada una de las fórmulas contra el PVB y se determinó el coeficiente de correlación considerado un valor $p < 0.05$ para tomar en cuenta el modelo estadístico. Como se muestra en la tabla 4.

La interpretación de los datos mediante gráficos de Bland-Altman (Cardemil, 2016) nos permite evaluar la precisión entre dos métodos de medición, en este caso se comparó el PVE mediante cada una de las fórmulas, vs el PVB. Es decir, mientras los promedios y la diferencia de los datos calculados por medio de las fórmulas de PVE, en contra de los valores existentes de PVB se encuentren más cercanos al valor "0" representado en la gráfica y presentando menor cantidad de desviación estándar con valor negativo y positivo respectivamente sobre los datos comparados, mayor será la efectividad del método comparado.

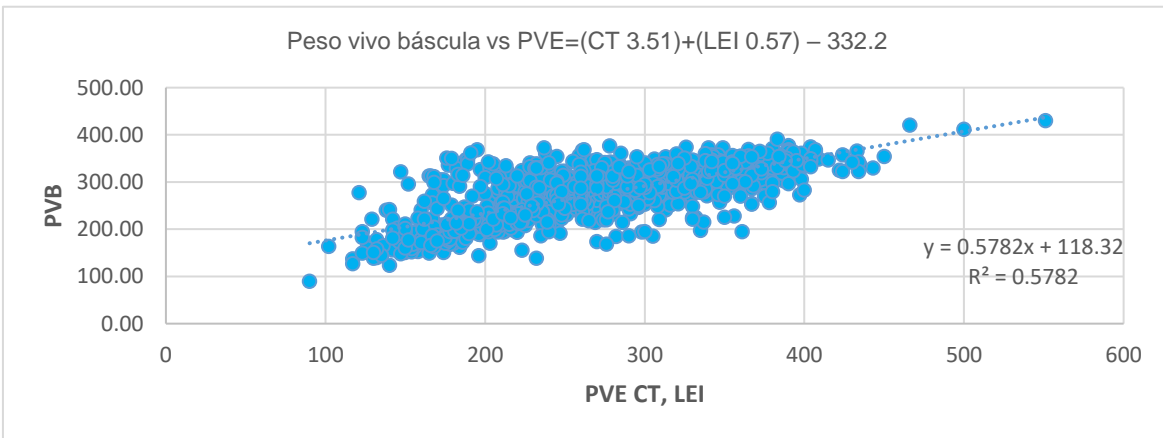
Gráficos 1.1



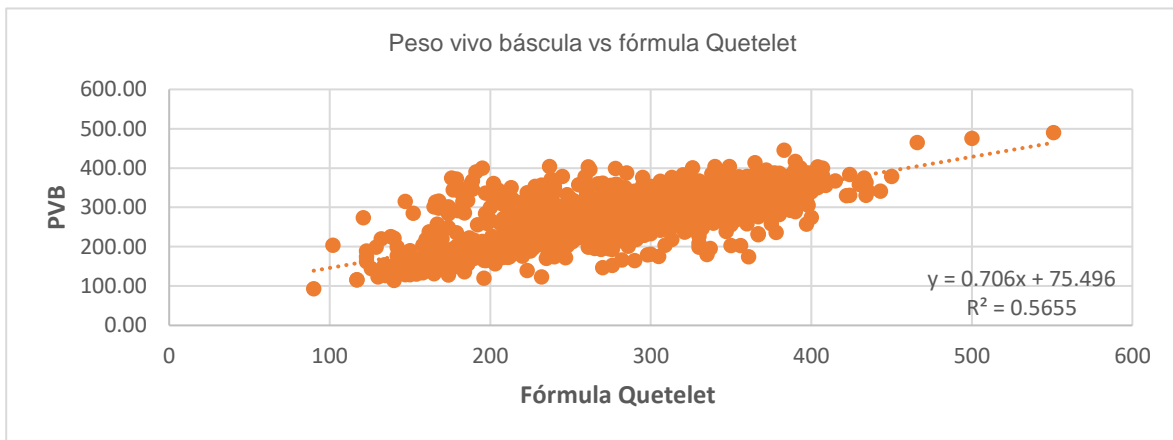
a



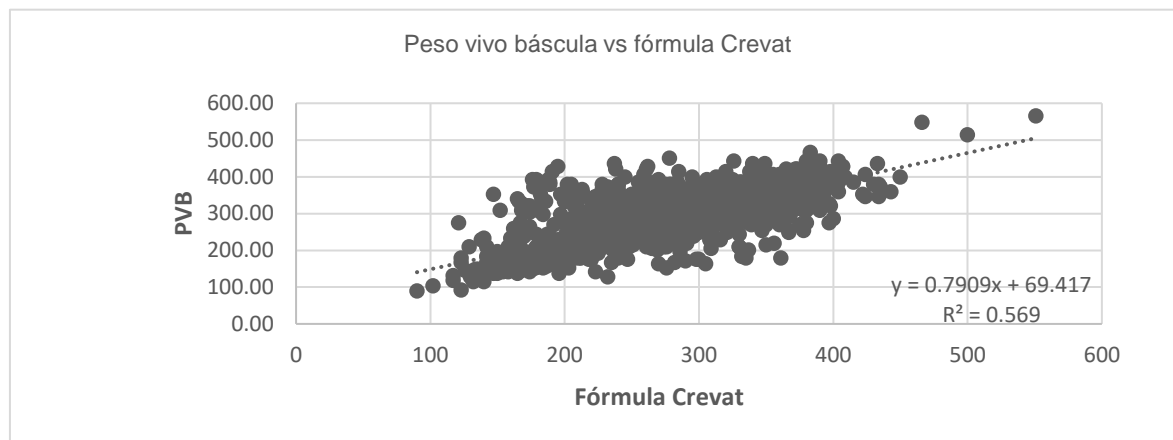
b



c



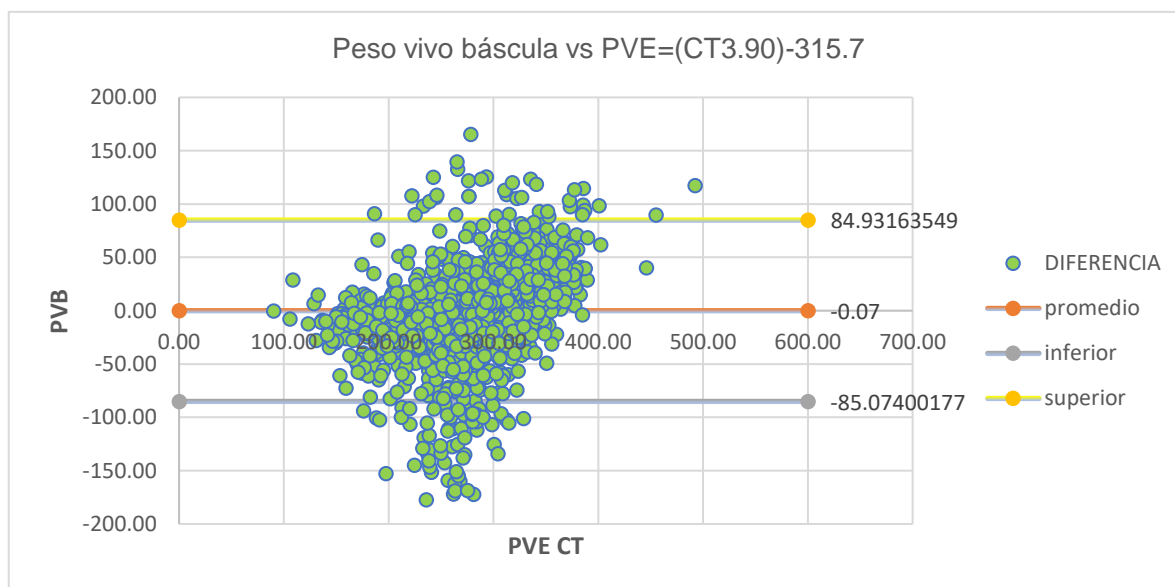
d



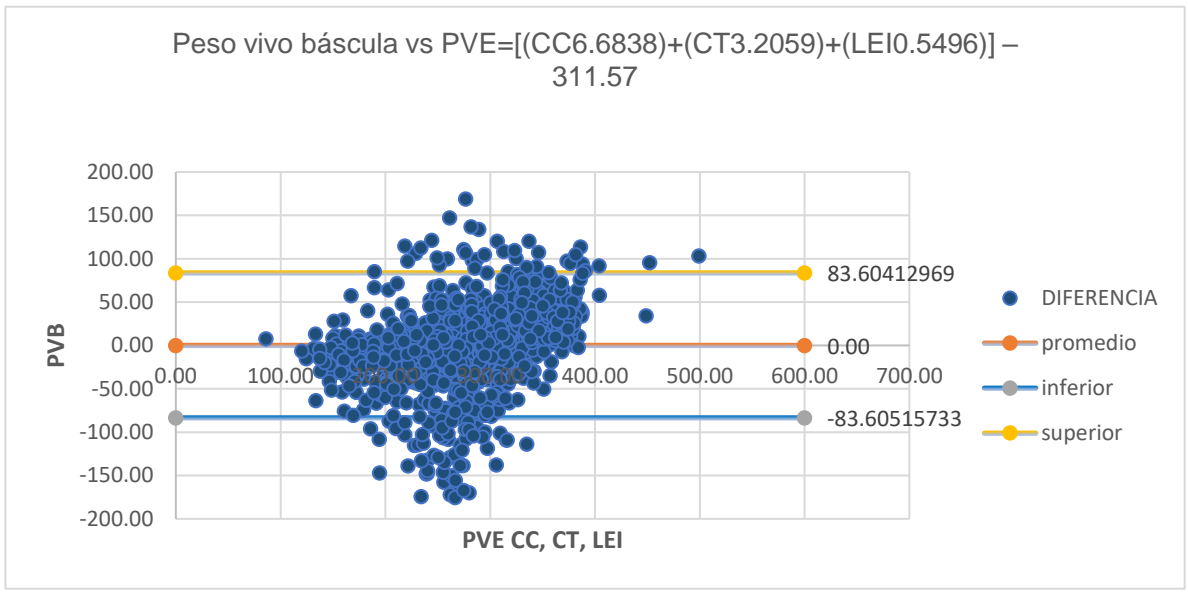
e

Gráficos 1.1 (a, b, c, d, e) se muestran los gráficos de dispersión para PVB vs PVE con las fórmulas que presentaron $R^2 \geq 0.50$, **(a)** $PVE=(CT3.90)-315.7$, **(b)** $PVE=[(CC6.6838) + (CT3.2059) + (LEI0.5496)] - 311.57$, **(c)** $PVE = (CT 3.51) + (LEI 0.57) - 332.2$ **(d)** Quetelet **(e)** Crevat.

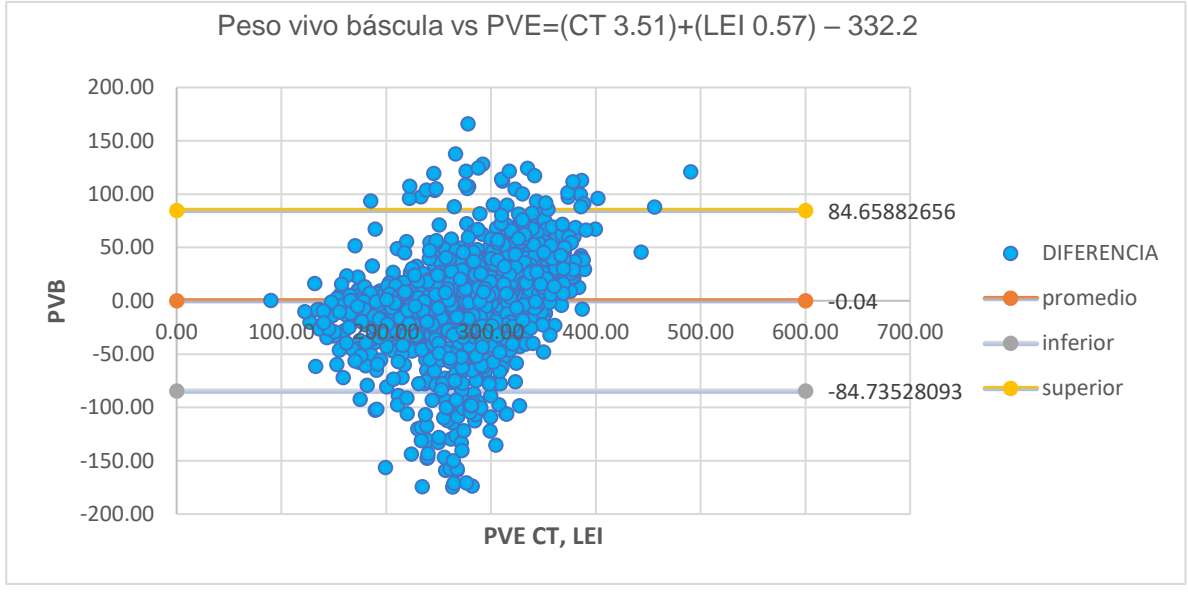
Gráficos 1.2



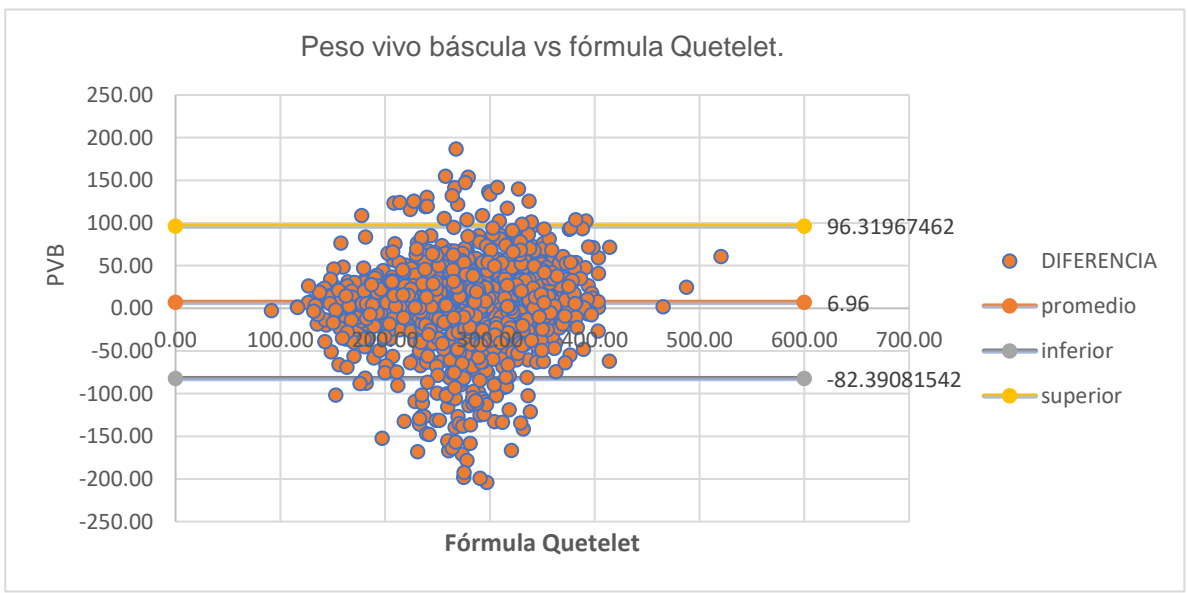
A



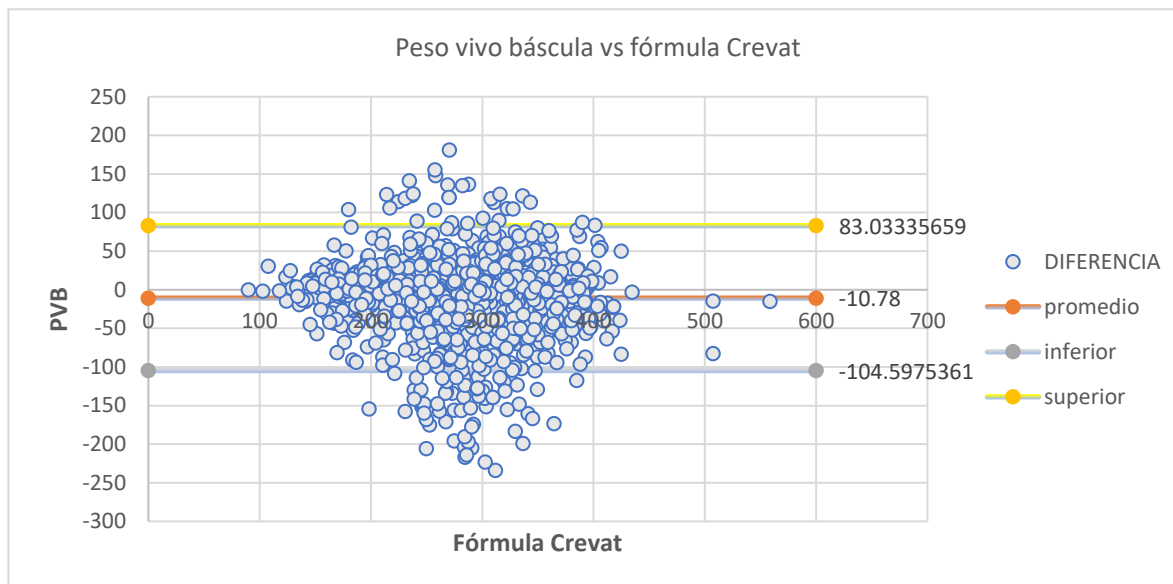
B



C



D



E

Gráficos 1.2 (A, B, C, D, E) se muestran los gráficos de Bland-Altman representando la media, de cada par de mediciones frente a su diferencia de PVB vs PVE con las fórmulas que presentaron $R^2 \geq 0.50$, **(A)** $PVE=(CT3.90)-315.7$, **(B)** $PVE=[(CC6.6838) + (CT3.2059) + (LEI0.5496)] - 311.57$, **(C)** $PVE = (CT 3.51) + (LEI 0.57) - 332.2$ **(D)** Quetelet **(E)** Crevat.

Discusión

En los valores reportados para cada gráfico de dispersión podemos observar que todos presentan una correlación lineal, positiva, débil, pero representando coeficientes de correlación distintos. La variación que existe en el PVE esta explicada por el 57% de los datos obtenidos mediante la CT y el PV se puede estimar con esta medida corporal mediante la fórmula $PVE = (CT3.90)-315.7$. En el presente estudio se encontró que la circunferencia torácica fue la medición corporal con mayor relación para la estimación del peso vivo de manera individual ($R^2=0.57$), con relación a la condición corporal y el largo esterno-ileoisquial ($R^2 = 0.23$ y 0.41) respectivamente; así como lo determino Ramírez (2008), quien encontró que la relación del perímetro torácico resultó ser el indicador simple más satisfactorio para estimar el peso vivo en becerros de doble propósito menores de 1 año ($R^2 = 0.92$), en comparación con el largo corporal, altura a la cruz y altura a la grupa con $R^2 = 0.87$, 0.88 y 0.88 respectivamente en su estudio. Mahecha (2002), reportó en la raza Lucerna que el perímetro torácico fue la medida más correlacionada con el peso vivo ($R^2=0.97$), Lukuyo (2016) determinó que aun cuando se adicionó el valor de la condición corporal como parámetro para la estimación del peso vivo, la circunferencia cardiaca, haciendo referencia a la circunferencia torácica, por si sola es el valor con mejores resultados para la estimación del peso vivo ($R^2 =0.84$) en ganado lechero mestizo. Y es por ello que es necesario tomar en consideración los

múltiples factores que afectan el resultado, como: fenotipo, estado fisiológico del animal, edad y sexo.

Para el gráfico (b) podemos interpretar que la variación en el PVE está explicada por el 58% de los datos al contemplar CC, CT y LEI evaluados mediante la fórmula $PVE = [(CC6.6838) + (CT3.2059) + (LEI0.5496)] - 311.57$, en los valores resultantes se observa una ligera mejor relación con respecto a la fórmula que incluye todos los valores de medición del ganado bovino comercial obtenidos en este estudio (CT, LEI y CC) arrojando un coeficiente de determinación con valor de $R^2 = 0.58$. En comparación con las otras fórmulas (CT), (CT, LEI), (Quetelet) y (Crevat) $R^2 = 0.57$, 0.57 , 0.56 y 0.56 respectivamente; que aun cuando se encuentran con valores muy similares en relación con el coeficiente de determinación, presenta una menor dispersión en las diferencias de cada pareja de las mediciones sobre la media (0.0), y presentando menor desviación estándar (83.60, -83.60) como se muestra en el gráfico (B). En oposición con la fórmula de Crevat, la cual presenta mayor dispersión en las diferencias de cada pareja de las mediciones sobre la media (-10.78), en donde nos indica la relación negativa entre los valores, con desviación estándar más lejana de la media (83.03, -104.59) lo cual puede estar relacionado con el uso del valor constante (80) directamente aplicado a la fórmula para la estimación del peso vivo del ganado bovino en este estudio, por lo que si el productor elige hacer uso de esta fórmula es necesario tomar en cuenta el estado fisiológico del animal y realizar el comparativo mostrado en la tabla 2. Pero como se puede apreciar en los gráficos de Bland-Altman muchos valores quedan fuera de una desviación estándar y es por ello que no son completamente confiables para la estimación del peso vivo

Si bien es cierto que las mediciones como CT y LEI son mediciones que pueden ser fácilmente repetidas por cualquier persona, sin tener una variación en la confiabilidad del resultado, por otro lado, la CC debe ser evaluada por una persona que cuente con el conocimiento y la experiencia para determinar el valor de cada uno de los animales con respecto a su CC, pero por consiguiente que no cualquier persona puede realizar.

En consideración de las ecuaciones más antiguas para la estimación de peso vivo tomadas en cuenta en este estudio, fórmula Quetelet y Crevat incluyen en sus datos la circunferencia torácica, para dar como resultado un coeficiente de determinación $R^2 = 0.57$ para ambas formulas, obtenido de la comparación entre PVB y PVE mediante estas dos fórmulas tomando en cuenta los animales del presente estudio. Los resultados arrojados con la ecuación que integra todas las mediciones (CT, LEI y CC), nos da un coeficiente de determinación $R^2 = 0.58$, pero no revela una mejoría o una mayor predicción con respecto a los animales evaluados. Lukuyu (2016) menciona que la condición corporal mejoró ligeramente el ajuste del modelo, pero no el error de predicción ($R^2 = 0.71$) cuando adiciona la CC a su fórmula de predicción del peso vivo en ganado lechero mestizo.

Al incluir la CC aumentó poco la precisión obtenida en contra de las ecuaciones existentes, por lo tanto, se decide que la estimación de peso vivo en ganado

comercial por medio de la CC, CT y LEII, no es un método confiable para la estimación del peso vivo en ganado bovino comercial.

La confiabilidad de las medidas es de vital importancia desde el punto de vista práctico ya que la relación entre el peso vivo y las mediciones no debe verse afectada por errores de apreciación a la hora de realizar la medición del ganado. Pero podemos apreciar que la estimación del peso vivo se ve influenciada por múltiples factores, como pueden ser la edad, raza, condiciones climáticas, sexo, alimentación, traslados, etc.

En este estudio se utilizaron animales comerciales de diferentes razas y grados de cruzamiento entre razas a diferencia de la mayoría de los estudios previamente realizados que se mencionan anteriormente en los cuales se incluyeron animales de la misma raza, o en donde el grupo de estudio es muy reducido ya sea por edad, peso o sexo, esto permite tener una mejor correlación entre los resultados al tener grupos más homogéneos en el cálculo de los valores de medición. Es por ello que se complica la determinación de una fórmula general para la estimación de peso vivo la cual sea aplicable para cualquier animal sin importar las múltiples variables que pueden favorecer el resultado.

Conclusión

Existe una relación lineal positiva entre las ecuaciones que se obtuvieron en este estudio y las fórmulas de Quetelet y Crevat, sin embargo, los coeficientes de determinación para cada una de ellas representan un valor muy bajo ($R^2 \geq 50$ y ≤ 60), esto debido a los múltiples factores que intervienen en el peso vivo de cada bovino.

La inclusión de la condición corporal no presentó una mejora significativa en la estimación del peso vivo, de la cual podemos obtener datos erróneos por diversos factores tales como: raza, sexo, alimentación y edad de los animales.

Aun cuando podríamos seguir adicionando mediciones bovinométricas para determinar una fórmula de estimación de peso vivo es importante recordar que estos métodos también se requieren sean prácticos y fácil de calcular para los productores.

En ganado comercial, el valor del peso vivo determinado por una báscula es el mejor método para su determinación, teniendo en consideración que también puede presentar valores erróneos, por factores como la calibración o mantenimiento, los cuales pueden ser fácilmente solucionados.

Apéndice:

Para hacer referencia a los valores en escala de 1 a 9 en la condición corporal.

CC 1: apariencia demacrada, con atrofia muscular y sin grasa detectable de la cabeza a la cola, las estructuras óseas del hombro, columna vertebral, huesos coxales y costillas se proyectan predominantemente; el animal se muestra físicamente débil.

CC 2: mal estado, con atrofia muscular y sin grasa detectable de la cabeza a la cola, especialmente en los miembros pélvicos, observándose de forma cóncava. Los procesos espinosos de la columna vertebral, se sienten afilados al tacto y se ven fácilmente con espacio entre ellos.

CC 3: condición delgada, ligera atrofia muscular y muy poca grasa detectable; Los procesos de la columna vertebral pueden identificarse de manera individual con el tacto y aún pueden ser visibles. Los espacios entre los procesos transversos son menos pronunciados, pero siguen siendo apreciables las costillas.

CC 4: condición aun delgada, el contorno de la columna vertebral y las puntas delanteras del hombro son ligeramente visibles, se pueden detectar con palpación (con una ligera presión); las costillas 12 y 13 todavía son muy perceptibles. Poco depósito de grasa sobre las costillas y los huesos coxales.

CC 5: moderada a buena apariencia en general. El contorno de la columna vertebral, las costillas 12 y 13 ya no son visibles. Solo pueden ser palpados con una presión firme y sentirse ligeramente redondeados. Las áreas a cada lado del maslo de la cola comienzan a depositar grasa.

CC 6: condición alta moderada. Las costillas y la columna vertebral ya no son visibles, los miembros pélvicos comienzan a verse ligeramente convexos. Se observa un incremento en el depósito de grasa en el maslo de la cola y en el encuentro. La presión para sentir las estructuras óseas ahora es más firme.

CC 7: buena apariencia carnosa. Los extremos de los procesos espinosos solo se pueden sentir con una presión muy firme, espacio entre los procesos apenas se pueden distinguir, abundante cubierta de grasa a un lado del maslo de la cola y comienza a presentarse grasa en paredes abdominales (falda).

CC 8: el animal adquiere un aspecto liso de forma cilíndrica. La estructura ósea desaparece de la vista, se observan grandes depósitos de grasa sobre la costilla, el maslo de la cola se comienza a sentir redondeado. El encuentro y los miembros pélvicos se miran muy convexos.

CC 9: extremadamente gordo, la estructura ósea no es visible y palparla es sumamente difícil. El maslo de la cola se encuentra enterrado en la grasa. La movilidad del animal puede verse afectada. Apariencia cilíndrica.

	Composición química de la carne de res (100 g).		
	Carne Magra, Cruda.	Carne Semimagra, Cruda.	Carne Rica en Grasa, Cru.
Agua %	72.15	62.02	57.83
Energía Kcal	126	234	288
Proteína g	22.03	18.68	18.28
Grasa Total g	3.5	17.2	23.3
Carbohidratos g	0	0	0
Fibra Diet. Total, g	0	0	0
Ceniza g	1.06	0.91	0.84
Calcio mg	4	7	7
Fosforo mg	215	177	171
Hierro mg	2.15	1.91	1.79
Tiamina mg	0.11	0.1	0.09
Riboflavina mg	0.19	0.16	0.15
Niacina mg	4.02	3.23	3.32
Vit. C mg	0	0	0
Vit. A (Retinol) mcg	0	0	0
Ác. Grasos mono-insat. g	1.48	7.42	10.13
Ác. Grasos poli-insat. g	0.15	0.63	0.87
Ác. Grasos saturados g	1.2	6.91	9.56
Colesterol mg	58	66	68
Potasio mg	375	306	297
Sodio mg	57	58	53
Zinc mg	3.51	3.75	3.38
Magnesio mg	25	19	19
Vit. B6 mg	0.51	0.39	0.38
Vit. B12 mcg	2.98	2.95	2.78
Ác. Fólico mcg	0	0	0
Folato Equiv. FD mcg	9	6	6
Fracción Comestible %	0.83	0.88	0.91

Tabla 4 Composición nutricional de 100 g de carne de res con diferentes porcentajes de grasa. (Menchú; 2012)

Referencias:

Bravo Pérez, Francisco Javier; García Mata, Roberto; García Delgado, Gustavo; López López, Enrique Mçargenes de comercialización de la carne de res proveniente de la Cuenca del Papaloapan, en el mercado de la ciudad de México Agrociencia, vol. 36, núm. 2, marzo-abril, 2002, pp. 255-266 Colegio de Postgraduados Texcoco, México.

Cardemil F. Comparison analysis and applications of the Bland-Altman method: concordance or correlation. Medwave 2016 Ene-Feb;16(1)

Correa-Alarcón F. Estimación del peso corporal en los animales domésticos. Revista electrónica de veterinaria REDVET. Vol. VI, No 5, mayo 2005.

Eversole DE, Browne MF, Hall JB, Dietz RD. Body condition scoring beef cows. Virginia Cooperative Extension, Virginia Polytechnic Institute and State University. 2009. Publication 400-791. Pp. 1-6.

Henao Uribe FJ, Mejía Gutiérrez A. Barimetría en ganado pardo suizo. Revista Veterinaria y Zootecnia de Caldas. Vol. 7, núm. 4, julio-diciembre 1994, pp. 78-81.

Horcada, A. La producción de carne en Andalucía. – Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación, 2010. 463 p.

Lukuyu MN, Gibson JP, Savage DB, Duncan AJ, Mujibi FDN, Okeyo AM. Use of body lineal measurements to estimate liveweight of crossbred dairy cattle in smallholder farms in Kenya. SpringerPlus (2016) 5:63

Mahecha L, Angulo J, Manrique LP. Estudio bovinométrico y relación entre medidas corporales y peso vivo en la raza lucerna. Rev. Col. Cienc. Pec., Vol. 15: 1, 2002. Pp. 80-87.

Martínez Curbelo, G., Cortés Cortés, M. E., Pérez Fernández, A. C.; Metodología para el análisis de correlación y concordancia en equipos de mediciones similares. (2016). Universidad y Sociedad; 8 (4). pp. 65-70. Disponible en línea: <http://rus.ucf.edu.cu/>

Menchú MT., Méndez H. Tabla de composición de alimentos de Centroamérica; Instituto de nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), Organización panamericana de la salud (OPS); Guatemala, 2007, 2ª edición; Pp. 128

National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Eighth Edition. Washington, DC: The National Academies

Pautet L. Manual de Zootecnia General y Especial. Traducción, I. López Lapuya. Paris, Francia. Librería de Garnier Hermanos, 6, 1908.

Ramírez JL, Quiriagua A, Rodríguez T, Torres Y. Evaluación del peso vivo estimado con el uso de medidas corporales de becerros de doble propósito. *Revista Científica UDO Agrícola* 8 (1): 132-137. 2008

Richard JR, Stalker A, Funston RN. *Body Condition Scoring Beef Cows: A Tool for Managing the Nutrition Program for Beef Herds*. University of Nebraska-Lincoln. Extension, 2014.

Schweigert, B.S. Contenido en nutrientes y valor nutritivo de la carne y de los productos cárnicos, En: *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*, 1994 (Ed.) Acribia, Zaragoza, 581 pp

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural; (prensa). La producción de carne de res en México mantiene un crecimiento anual sostenible del 2.5%: Agricultura; 16/03/2020; Comunicado núm: 098/ CDMX. Citado (07/07/2021) Disponible en [<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/>].

Tebug SF, Missohou A, Sabi SS, Juga J., Poole EJ, Tapio M, Marshall K. Using body measurements to estimate live weight of dairy cattle in low-input systems in Senegal. (2018) *Journal of Applied Animal Research*, 46:1, 87-93.

Thrift, F.A., J.O. Sanders, M.A. Brown, A.H. Brown, Jr, A.D. Herring, D.G. Riley, S.M. DeRouen, J.W. Holloway, W.E. Wyatt, R.C. Vann, C.C. Chase, Jr, D.E. Franke, L.V. Cundiff, and J.F. Baker. 2010. Review: Prewaning, postweaning, and carcass trait comparisons for progeny sired by subtropically adapted beef sire breeds at various US locations. *Professional Animal Scientist*. 26:451-473

Vilaboa-Arroniz, Julio, Díaz-Rivera, Pablo, Platas-Rosado, Diego Esteban, Ruiz-Rosado, Octavio, González-Muñoz, Sergio Segundo, & Juárez-Lagunes, Francisco. (2009). Estructura de comercialización de bovinos destinados al abasto de carne en la región del Papaloapan, Veracruz, México. *Economía, sociedad y territorio*, 9(31), 831-854. Recuperado en 18 de agosto de 2023, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-84212009000300009&lng=es&tlng=es.