

01621
80



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

EVALUACION DE CINCO METODOS PARA CALCULAR
INDIRECTAMENTE EL PESO CORPORAL DE CABALLOS
DE LA POLICIA MONTADA EN LA CIUDAD DE MEXICO.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A :

FABIOLA SANCHEZ MARTINEZ

ASESORES: MVZ MSc. ALEJANDRO RODRIGUEZ MONTERDE
MVZ FAUSTO RODRIGUEZ GUERRERO
MVZ JAIME ALONSO NAVARRO HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

2003

I



Universidad Nacional
Autónoma de México



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, y MI HERMANA

AGRADECIMIENTOS

A mi papá y mamá, por apoyarme enteramente todo este tiempo, alentarme y no permitir que me abatiera en ningún momento

A Q-quis y su esposo, por su ayuda en todos los aspectos, su apoyo y optimismo.

A mi querido bony, que ha tenido que soportar todos los momentos buenos y malos y aun así me ha ayudado y apoyado incondicionalmente. Gracias bony te amo

A Rajuel y Adrian, por su apoyo, por ser tan buenos amigos y por estar juntos durante todos estos años

A mis asesores, por darme la oportunidad de trabajar con ellos en éste proyecto y por ayudarme a realizarlo después de todo. Mil gracias

A mi tío Pepe, por sus consejos y preocupación.

A mi tía Lila, Vane y al chapatin (AJ), por estar cerca de mí

A Gaby Lopez, por su ayuda y amistad

A todas las personas que colaboraron para realizar el estudio de campo.

A la Policía Montada de la Ciudad de México

A los miembros del jurados por sus comentarios

CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	1
1. INTRODUCCION	3
2. HIPÓTESIS	6
3. OBJETIVOS	6
4. MATERIAL Y MÉTODOS	
4.1. Localización y sujetos de estudio	7
4.2. Material	7
4.3. Procedimiento para la obtención de los datos	8
4.3.1. Modelos para el calculo del peso corporal	8
1. Jones et al	8
2. Carroll & Huntington	9
3. Milner & Hewit	11
4. Martin & Rosset	12
5. Cinta de peso y altura para caballos y ponies	13
4.3.2. Propuesta de modelo nuevo	14
1. Perímetro torácico diagonal	14
2. Perímetro de la base y ápice del cuello	15
3. Largo del cuello	15
4. Perímetro de la cabeza y hocico	16
5. Largo de la cabeza	16
4.4. Plan de análisis	17
5. RESULTADOS	19
6. DISCUSIÓN	21
LITERATURA CITADA	25
CUADROS	28
FIGURAS	32

RESUMEN

SÁNCHEZ MARTÍNEZ, FABIOLA. Evaluación de cinco métodos para calcular indirectamente el peso corporal de caballos de la policía montada en la ciudad de México (Bajo la dirección del MVZ MSc. Alejandro Rodríguez Monterde, MVZ Fausto Rodríguez Guerrero y MVZ Jaime Alonso Navarro Hernández).

El peso corporal es un indicador de bienestar de los caballos. Es un dato útil para establecer la cantidad y tipo de alimento que se debe proporcionar al animal, la dosis de medicamentos, deshidratación y la cantidad de líquidos requeridos para reponer el déficit causado por la deshidratación; asimismo se utiliza para determinar el peso óptimo de competencia. Debido a su importancia, se han desarrollado varios métodos prácticos para calcular indirectamente el peso de los caballos, particularmente si se carece de báscula. En este estudio se estimó el peso de 58 caballos con cuatro modelos propuestos en la literatura, otro que utiliza una cinta de peso calibrada, y uno nuevo que emplea características morfológicas adicionales del animal. Los objetivos del presente estudio fueron, determinar con cual de los métodos se estima mejor el peso corporal de caballos de raza Appendix y criollo, con respecto al peso obtenido mediante una báscula, así como ajustar un modelo nuevo que tomó en cuenta las medidas utilizadas por los autores además de características adicionales. Con cada modelo se calculó el peso de cada caballo con las variables correspondientes. Una vez estimado el peso corporal con cada modelo, se calculó el coeficiente de correlación (r^2) entre éste y el peso real, el cual se empleó como medida de asociación del modelo. Los coeficientes de correlación lineal (r) de los distintos modelos fueron comparados con una prueba de homogeneidad de ji cuadrada (χ^2) para coeficientes

de correlación, para determinar si eran estadísticamente distintos entre sí. Se puede concluir que el modelo de Martin & Rosset y el modelo nuevo estiman mejor el peso corporal de la muestra que los modelos restantes.

1. INTRODUCCIÓN

El peso corporal es un indicador de bienestar animal usado en la medicina veterinaria (1). Es un dato útil para establecer la cantidad y tipo de alimento que se debe proporcionar al animal, la dosis de medicamentos, el porcentaje de deshidratación y por ende la cantidad de líquidos requeridos para reponer el déficit en los diferentes porcentajes de deshidratación, además del peso óptimo de competencia (2,3,4,5,6).

El peso corporal depende del balance entre ingesta de comida y el gasto de energía producido por el organismo (7,8,9). La ingesta de comida es parcialmente dependiente de señales que reflejan un estado de privación fisiológica. Un ejemplo de tal situación de control homeostático es la sensación de hambre y la correspondiente ingesta de alimentos que ocurre en respuesta a una concentración baja de glucosa en plasma o una tasa alta de uso de este glúcido (8,9).

El trabajo físico, como jalar un carrito, correr en una pista, esquivar barriles o realizar suertes son unas de las funciones zootécnicas del caballo. Cualquiera de estas actividades es una conversión de energía a varios tipos e intensidades de movimiento. Por lo tanto, las necesidades nutricionales de un atleta son principalmente la energía requerida para realizar un trabajo, además de otros nutrientes requeridos para mantener la conversión bioquímica de energía a trabajo fisiológico (contracción muscular), y el mantenimiento del sistema mecánico de apoyo, en otras palabras el cuerpo del animal (10).

El aumento o la disminución del peso corporal están determinados por el balance neto entre la ingestión de alimentos y el gasto energético. La ingestión de alimentos está determinada por la disponibilidad y atractivo de los mismos y por factores conductuales y físicos (9). La causa más común de aumento en el peso corporal (obesidad) en caballos es

la sobrealimentación, siendo esta la más fácil de corregir mediante la formulación de una dieta basada en el peso corporal y proveyendo el alimento por peso y no por volumen (bote medidor) (11,12). A pesar de que la obesidad es un problema que se presenta con mayor frecuencia, la pérdida de peso es generalmente crónica e insidiosa, aunque también puede ser rápida a causa de una infección sistémica aguda, representando una situación mucho más seria con consecuencias potencialmente más severas. (7,11,12). Por lo anterior, el médico veterinario siempre debe abordar el problema investigando el sistema y manejo alimenticio de los caballos, ya sea que se enfrente a un problema de pérdida o ganancia de peso (11).

Los sistemas de formulación de raciones se basan en diferentes elementos como la cantidad de energía digestible (ED), fibra cruda (FC), proteína cruda (PC), y minerales necesarios por kilogramo de peso vivo o porcentaje de peso corporal (10,13,14). De hecho, una parte muy grande de los aportes alimenticios recomendados están relacionados con el peso del animal (del 50 al 90 por ciento). Por esta razón, la formulación de la ración se debe efectuar en función del peso del caballo (15). Si el peso no se establece adecuadamente, las dietas que contengan exceso o deficiencia de nutrientes vitales, dan como resultado mayores costos y riesgo de padecer diferentes enfermedades, inclusive la muerte (2,3,5,15,16).

Para el manejo médico de un paciente ya sea medicina preventiva, diagnóstico o tratamiento de enfermedades se utilizan diferentes fármacos como antihelmínticos, antibióticos, antiinflamatorios, tranquilizantes y anestésicos, además de que en algunas ocasiones se implementan terapias especiales como la de fluidos; cualquiera de los fármacos antes mencionados deben ser administrados al paciente de acuerdo a las indicaciones terapéuticas, y la cantidad de fármaco a administrar (dosis) se debe calcular

tomando en cuenta su peso corporal (2,3,5,16). Si el peso del caballo no se establece adecuadamente, se puede tener como resultado subdosificación del fármaco en cuestión, y como consecuencia de esto, resistencia a su efecto, o también sobredosificación, cuyo efecto es tóxico (11,18).

Una contribución importante, aunque poco usada para la evaluación del estado físico de un caballo, es el peso corporal (7,19). En virtud de esto, la mayoría de los caballos inician su entrenamiento con sobrepeso, mismo que se reduce en el proceso. Sin embargo, existen ranchos que regularmente pesan a sus caballos y han visto que cada uno de ellos tiene un peso ideal de competencia y que cualquier variación en éste reduce el rendimiento (19).

1.1 Métodos utilizados para la determinación del peso en caballos.

El peso del caballo debe ser supervisado periódicamente, de preferencia mediante el uso de una báscula, sin embargo el costo de estas máquinas es prohibitivo en la mayoría de los casos (5,12,20). Como resultado, se han desarrollado numerosos métodos para determinar el peso de los caballos, algunos de estos estiman el volumen corporal del animal. Una aproximación simple de la estimación del volumen, es visualizar al caballo en forma de un cilindro como en el caso de los modelos propuestos por Jones *et al*, Carroll & Huntington, Milner & Hewitt (3,5,21).

Estos métodos de estimación indirecta del peso corporal incluyen:

- A. Cintas calibradas que se basan en mediciones del perímetro torácico, las cuales, a pesar de tener considerable margen de error, son fáciles y rápidas de utilizar, ayudando a registrar cualquier cambio en la condición corporal del caballo, siempre y cuando se mida con regularidad (7,12,20).

B. Tablas estandarizadas por edad y peso adulto (Cuadro 1), alzada y peso adulto (Cuadro 2), y nomogramas (Figura 1) (5,11,22,23).

C. Modelos que generalmente incluyen una medida de longitud y un perímetro, ya sea torácico o umbilical (2,5,16), aunque existen otros que emplean otras medidas (15).

Cabe señalar que los médicos veterinarios y caballerangos experimentados confían en la estimación del peso de los caballos a través de la observación del animal, (2,3,5,19). Sin embargo, esta forma de estimación tiene mucha variación y por lo tanto es poco confiable (25).

2. HIPÓTESIS

El modelo propuesto por Jones *et al* (1989), que contempla el perímetro umbilical y la longitud del caballo, así como el propuesto por Carroll & Huntington (1988), que a su vez contempla el perímetro torácico y la longitud del caballo; son entre los existentes en la literatura, los que estiman mejor el peso corporal.

3. OBJETIVOS

- * Determinar qué método indirecto estima mejor el peso corporal de los caballos agrupados por raza y sexo, con respecto al peso de referencia obtenido mediante una báscula.

- * Ajustar un modelo nuevo para estimar el peso corporal de los caballos, tomando en cuenta tanto las medidas utilizadas en los modelos de la literatura, como otras no incluidas en los mismos.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1 Localización y sujetos de estudio.

Este estudio fue llevado a cabo a partir de una población de aproximadamente 200 caballos de la policía montada en la Ciudad de México a una latitud de 19°23" N, longitud 99°03" O y a una altura de 2240 msnm. El clima de la zona es templado subhúmedo con lluvias en verano de menor humedad, siendo la temperatura media anual de 16.6°C y la precipitación pluvial de 607 mm.

A partir de dicha población fueron seleccionados aleatoriamente 58 sujetos, que cumplieran con los siguientes criterios de inclusión: individuos adultos (cuatro años de edad mínimo), hembras no gestantes y machos de la raza Appendix y criollo, sin patologías clínicas aparentes ni que estuvieran recibiendo tratamiento alguno.

4.2 Material.

Para la obtención de los datos se utilizaron cuatro herramientas: un hipómetro con nivel de agua, una cinta métrica de plástico graduada de 200 centímetros, una cinta calibrada para peso y altura de caballos y ponies y una báscula electrónica CCA[®] con capacidad de 1,500 kg, provista de indicador digital de estado sólido tipo microprocesador, con programa y calibración digital (6 dígitos).

4.3 Procedimiento para la obtención de los datos.

Una vez identificados los sujetos de estudio, se procedió a colocarlos sobre la plataforma de la báscula y la lectura de su peso se realizó en el momento en que los caballos estaban quietos y con la cabeza erguida, registrándolo a un decimal, después de lo cual fueron recopiladas las medidas corporales, a partir de las cuales se estimaron los parámetros y se ajustó cada modelo propuesto por la literatura, incluyendo el propuesto en esta tesis. Las medidas corporales de los sujetos de estudio fueron obtenidas estando éste de pie en una superficie plana y firme, con los miembros bien alineados y la cabeza erguida (26).

4.3.1 Modelos para el cálculo del peso corporal de caballos.

1. Jones *et al.* (16)

Las medidas corporales que utiliza este modelo son: Perímetro umbilical (PU) y largo del codo a la punta de la tuberosidad isquiática (LCTI).

- **PU.** Se obtiene con una cinta métrica de plástico y se registra alrededor del abdomen por detrás de la última costilla formando una línea recta que debe de pasar entre la 2ª y 3ª vértebra lumbar (Figura 2) (27,28).
- **LCTI.** Para obtener esta medida se coloca el extremo inicial de la cinta se colocó en el borde caudal del codo, que corresponde al borde caudal del olécranon, y se extiende hasta el borde más caudal de la nalga, que corresponde al borde caudal de la tuberosidad isquiática. Este sitio anatómico se localiza por palpación profunda

sobre los músculos que forman el contorno caudal de la grupa y el muslo (Figura 2) (27,28).

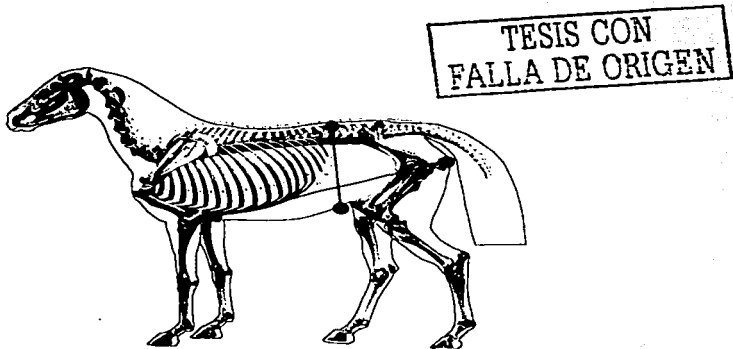


Figura 2. Esquema de medidas y puntos anatómicos para el modelo de Jones *et al.*

El modelo propuesto se describe por la expresión:

$$\text{Peso} = \frac{PU \cdot 1.78 \times LCTI \cdot 0.97}{3011} \quad \text{Donde:}$$

Peso: en kilogramos

PU y LCTI: en centímetros

2. Carroll y Huntington (2)

Las medidas corporales empleadas en este modelo son: Perímetro torácico (PTR) y Largo de la punta del hombro a la punta de la tuberosidad isquiática (LPHTI).

- **PTr.** Para obtener esta medida se coloca la cinta alrededor del tórax en línea recta por encima de la cruz, justo detrás de los codos cuyo correspondiente óseo es el olécranon (Figura 3) (27,28).
- **LPHI.** Para obtener esta medida se coloca el extremo inicial de la cinta en la punta del hombro, que corresponde al borde craneal del tubérculo mayor del húmero, y se extiende hasta el borde más caudal de la nalga, que corresponde al borde caudal de la tuberosidad isquiática. Este sitio anatómico se localiza por medio de palpación profunda sobre los músculos que forman el contorno caudal de la grupa y el muslo (Figura 3) (27,28).

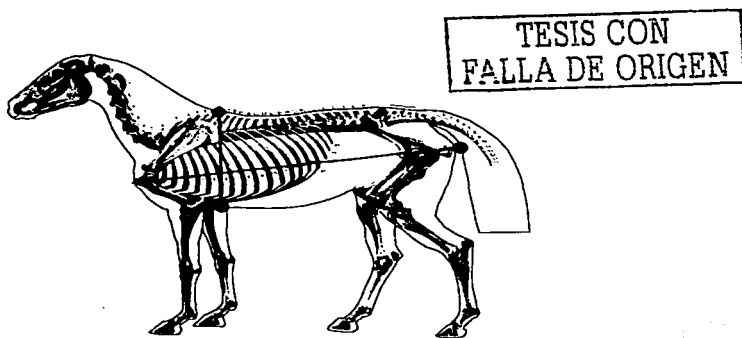


Figura 3. Esquema de medidas y puntos anatómicos para el modelo de Carroll & Huntington.

El modelo propuesto se calcula con la expresión:

$$Peso = \frac{PTr^2 \times LPHTI}{11877} \quad \text{Donde:}$$

Peso: en kilogramos

PTr y LPHTI: en centímetros

3. Milner y Hewitt (5)

Las medidas corporales empleadas en este modelo son: Perímetro torácico (PTM) y Largo de la punta del hombro a la tuberosidad iliaca (LPHTIL).

- **PTM.** Para obtener esta medida la cinta se coloca alrededor del tórax en línea recta, sobre la parte más baja de la cruz. Tomando en cuenta que la cruz se forma gracias a la gran longitud de las apófisis espinosas de la segunda a la novena vértebra torácica, la cinta debe quedar colocada detrás de la novena vértebra torácica (Figura 4) (27,28)
- **LPHTIL.** Para medir esta variable se coloca la cinta en la punta del hombro que corresponde al borde craneal del tubérculo mayor del húmero, y se extiende hasta el borde craneal de la tuberosidad iliaca, que corresponde al borde cráneo dorsal de la misma (Figura 4) (27,28).

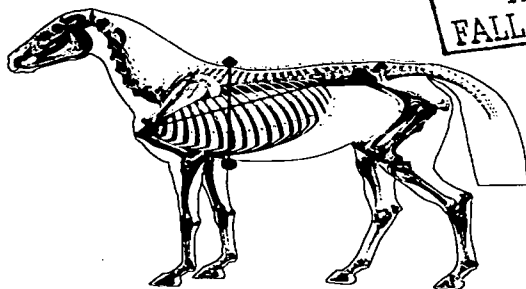


Figura 4. Esquema de medidas y puntos anatómicos para el modelo de Milner & Hewit

El modelo propuesto se calcula con la expresión:

$$\text{Peso} = \frac{PTM^2 \times LPHTIL}{8717} \text{ Donde:}$$

Peso: en kilogramos

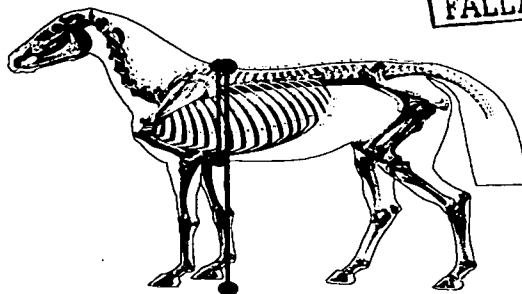
PTM y LPHTIL: en centímetros

4. Martín y Rosset (15)

Las medidas corporales empleadas en este modelo son: Alzada a la cruz y Perímetro torácico (PTr).

- **Alzada a la cruz.** Esta medida se obtiene por medio de un hipómetro con nivel de agua. La pestaña del hipómetro que contiene el nivel se coloca en la parte más alta de la cruz, donde se une la base del cuello con la escápula (Figura 5) (27,28).

- **PTr.** Para obtener esta medida se coloca la cinta alrededor del tórax en línea recta por encima de la cruz, detrás de los codos cuyo correspondiente óseo es el olécranon (Figura 5) (27,28).



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 5. Esquema de medidas y puntos anatómicos para el modelo de Martín & Rosset

El modelo propuesto se calcula con la expresión:

$$\text{Peso} = 4.3 \times \text{PTr} + 3 \times \text{Alzada a la cruz} - 785 \quad \text{Donde:}$$

Peso: en kilogramos

PTr y Alzada a la cruz: en centímetros

5. Cinta de peso y altura para caballos y ponies®.

Para este modelo se emplea una cinta calibrada en libras de peso corporal. El cálculo del peso corporal se obtiene colocando la cinta alrededor del tórax en línea recta sobre la parte más baja de la cruz. La cinta se debe ajustar al tórax, presionando ligeramente la piel (Figura 6).

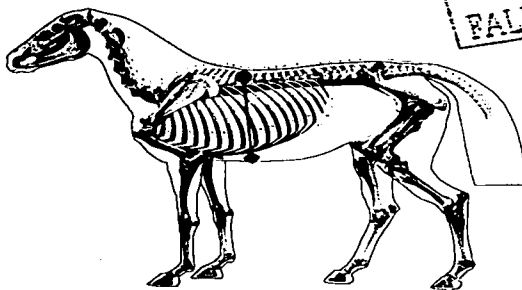


Figura 6. Esquema de colocación de la cinta de peso y altura para caballos y ponies

4.3.2 Propuesta de modelo nuevo

Además de las medidas incluidas en los modelos propuestos en la literatura, la elaboración de un modelo nuevo incluye, al perímetro torácico diagonal (Figura 7), y a seis características más, correspondientes a la morfología del cuello y la cabeza (Figura 8), mismas que se describen a continuación. La inclusión de las medidas de cuello y cabeza se incorporan en el modelo nuevo, ya que suponemos que esta región corporal contribuye de manera importante al peso corporal del caballo.

1. Perímetro torácico diagonal (PTd). Esta medida se obtiene colocando la cinta métrica alrededor del tórax en la parte mas baja de la cruz, detrás de los codos (Figura 7) (27,28).

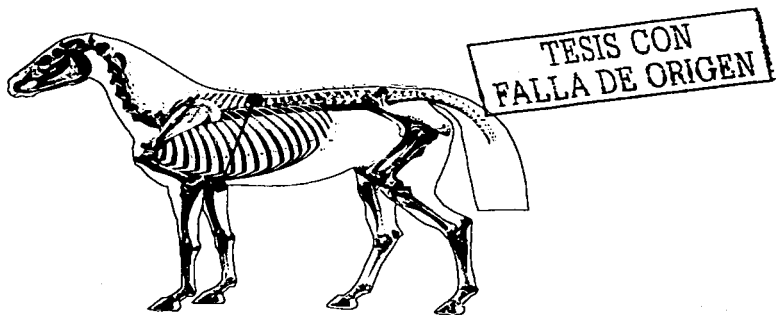


Figura 7. Esquema de medida del perímetro torácico diagonal.

2. Perímetro de la base del cuello (**PCB**). Se mide colocando la cinta alrededor del cuello sobre el espacio que se forma entre el músculo subclavio y el supraespinoso, cuyo espacio corresponde al borde craneal de la escápula (Figura 8) (27,28).

3. Perímetro del ápice del cuello (**PCA**). Se mide colocando la cinta alrededor del cuello en línea recta, detrás de las orejas y de la mandíbula; su correspondiente anatómico es la cresta nual y las ramas mandibulares, respectivamente (Figura 8) (27,28).

4. Largo del cuello (**LC**). El extremo inicial de la cinta se coloca en la intersección que se forma con la parte caudal de la rama mandibular, la canaladura yugular, y el músculo cleidomastoideo; la cinta se extiende en línea recta hasta el espacio entre el músculo subclavio y el borde craneal de la escápula, dividiendo al cuello en dorsal y ventral (Figura 8) (27,28).

5. Perímetro de la cabeza (**Pe**). Esta medida se obtiene colocando la cinta alrededor de la cabeza en línea recta por delante de las orejas y detrás de la mandíbula (Figura 8) (27.28).

6. Perímetro del hocico (**Ph**). Se obtiene colocando la cinta en línea recta alrededor del hocico, por detrás de los ollares y la barbilla (Figura 8) (27.28).

7. Largo de la cabeza (**Le**). Esta medida se obtiene colocando el extremo inicial de la cinta en la intersección que se forma con la parte caudal de la rama mandibular, la canaladura yugular, y el músculo cleidomastoideo; a continuación se extiende hasta la parte más craneal del labio superior (Figura 8) (27.28).

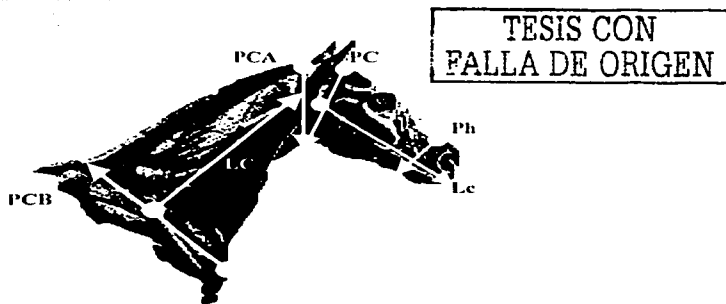


Figura 8. Medidas de cuello y cabeza

La obtención y estimación del modelo se describe en el plan de análisis y el modelo resultante en resultados

4.4. Plan de análisis.

A partir de la muestra de caballos de raza Appendix y criollo (n=58) empleada en el presente estudio, se colectaron datos de su peso corporal en pie (peso real), y de las dimensiones morfológicas descritas en cada uno de los modelos citados previamente.

Antes de realizar la estimación del peso con cada modelo propuesto en la literatura se procedió a ajustar el modelo nuevo propuesto en esta tesis por medio de regresión lineal por cuadrados mínimos, empleando como variables independientes las 14 variables descritas en la sección anterior. La selección de variables para el modelo definitivo se llevó a cabo por medio del procedimiento paso a paso ("stepwise"), con nivel $\alpha \leq 0.05$ como criterio de incorporación y permanencia en el modelo, y $\alpha > 0.05$ como criterio de exclusión de las mismas.

Previamente a la selección de las variables y a la estimación del modelo, se comprobó el supuesto de normalidad para el peso corporal real de todos los animales del estudio, por medio de la prueba de bondad de ajuste de Shapiro-Wilk ($W=0.9653$, $P=0.202$), así como por el análisis gráfico de residuos entre el peso estimado y el real (29).

La aceptación del modelo definitivo se basó en los siguientes criterios: a) que el análisis gráfico de residuos vs los valores pronosticados mostrara un patrón de distribución aleatoria, b) que los residuos se distribuyeran normalmente, y c) en obtener el máximo coeficiente de determinación ajustado (r^2 ajustada).

4.4.1. Estimación del peso corporal por medio de cada modelo

A partir de cada uno de los modelos definidos previamente, se estimó el peso corporal y se calculó el coeficiente de correlación lineal (r) como medida de asociación, y el coeficiente de determinación (r^2) entre el peso real y el peso corporal estimado (Figura 9) (29). Los coeficientes de correlación obtenidos fueron comparados por medio de una prueba de homogeneidad de χ^2 ($\alpha=0.05$), para determinar diferencias entre ellos (30), en cuyo caso se contrastaría la diferencia entre cada dos coeficientes de los modelos correspondientes por medio de la prueba χ^2 ($\alpha=0.05$).

Posteriormente, para comparar los promedios de peso estimados por los modelos, con el peso real, se realizó análisis de varianza y la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey-Kramer, habiendo previamente comprobado la homogeneidad de varianzas entre los modelos por medio de la prueba modificada de Levene (33).

Para establecer con cuál de los modelos se esperaría una mejor estimación del peso corporal se establecieron los siguientes criterios de selección: a) que el promedio de peso, estimado no fuera significativamente diferente ($P \geq 0.05$) del promedio del peso real, b) que la estimación del peso tuviera el mínimo coeficiente de variación, c) que el coeficiente de determinación (r^2) fuese el más alto entre los observados.

Siguiendo el mismo procedimiento descrito para ajustar modelos generales, se trató de ajustar un modelo para estimar el peso corporal por sexo y raza.

5. RESULTADOS

A partir del procedimiento paso a paso fueron seleccionadas las variables PTd ($t=8.65$, $P<0.0001$), LPTHI ($t=4.21$, $P=0.0001$), PCB ($t=4.44$, $P<0.0001$), y Lc ($t=3.44$, $P=0.001$) con las cuales se ajustó el modelo nuevo por cuadrados mínimos:

$$\text{Peso estimado} = -946.6 + 3.8 (PTd) + 1.7 (LPHTI) + 1.7 (PCB) + 4.3 (Lc)$$

$$F_{4, 53} = 85.8, P < 0.0001;$$

$$r^2 = 0.88662,$$

$$r^2 \text{ ajustada} = 0.8561$$

Una vez estimado el peso corporal con los cinco modelos propuestos en la literatura así como con el modelo ajustado en el presente estudio, se obtuvieron los valores descriptivos, los coeficiente de correlación lineal y de determinación entre el peso estimado y el real, así como la diferencia entre el promedio estimado por cada modelo y el real (Cuadro 3).

A partir de la prueba de homogeneidad para los coeficientes de correlación lineal, se encontraron diferencias significativas entre ellos ($\chi^2_3 = 40.7785$; $P<0.0001$). Posteriormente, se contrastó la diferencia entre cada dos coeficientes de correlación por medio de la prueba de χ^2 , encontrándose que la asociación entre el peso estimado y el real, del modelo Carroll & Huntington fue significativamente mayor que para Jones *et al*, Milner & Hewitt y la Cinta de peso y altura para caballos y ponies ($\chi^2_1=12.84$; $P=0.0003$, $\chi^2_1=9.99$; $P=0.001$, $\chi^2_1=5.48$; $P=0.019$, respectivamente), así mismo, dicha asociación con el modelo Martin & Rosset, fue mayor que la de Jones *et al* y Milner & Hewitt ($\chi^2_1=7.77$; $P=0.005$, $\chi^2_1=5.60$; $P=0.017$ respectivamente) y la del modelo propuesto en este estudio fue mayor que la de Jones *et al*, Milner & Hewitt, Martin & Rosset y la Cinta de peso y altura para caballos y ponies ($\chi^2_1=27.39$; $P<0.0001$, $\chi^2_1=23.16$; $P<0.0001$, $\chi^2_1=5.97$; $P=0.014$,

$\chi^2_1=15.94$; $P<0.0001$ respectivamente); no habiendo diferencias significativas entre Carroll & Huntington con el modelo nuevo, ni con Martin & Rossett, así como tampoco existe diferencia entre Jones et al, Milner & Hewitt y la Cinta de peso y altura para caballos y ponies.

La prueba de homogeneidad de varianzas modificada de Levene (33) mostró diferencias significativas entre los promedios de peso estimados por los distintos modelos ($F=2.59$, 6,399 g.l., $P=0.0178$), por lo cual, y para comprobar la homogeneidad de varianzas entre los modelos, se realizaron dos nuevos contrastes: uno entre los modelos cuya r^2 fue menor de 0.6 (Jones *et al*, Milner & Hewitt, Cinta de peso y altura para caballos y ponies), y otro entre aquellos cuya r^2 fue \geq de 0.6; en ambos contrastes se incluyó al peso real y se comprobó dicha homogeneidad ($F=1.97$, 3,228 g.l., $P=0.11$; $F=1.25$, 3,228 g.l., $P=0.29$, respectivamente); así mismo se realizó la prueba de comparaciones múltiples de medias de Tukey-Kramer para comparar los promedios de peso estimados por los modelos con el peso real. En ambos casos, dichos modelos fueron comparados con el peso real y se calculó el intervalo de confianza para el promedio estimado (Cuadro 3). Para los modelos cuya r^2 fue menor de 0.6, se observó diferencia significativa entre ellos ($F=9.088$, 3,228 g.l., $P<0.0001$), asimismo, el modelo de Jones *et al* subestima de manera significativa el promedio de peso (aprox. 50 kg, CV 13.21 %). Los modelos de Milner & Hewitt y la Cinta de peso y altura para caballos y ponies, aunque tienden a subestimar el peso (12 y 15 kg, CV: 11.59, 9.86 % respectivamente), no mostraron diferencia significativa con el peso real. Para los modelos con $r^2 \geq 0.6$ se observó diferencia significativa entre los promedios ($F=9.26$, 3,228 g.l., $P<0.0001$). De igual manera, se observó que el modelo de Carroll & Huntington sobreestima significativamente el peso real, aproximadamente 33 kg en

promedio. Los modelos de Martín & Rosset y el nuevo no difieren significativamente en su estimación del promedio real ($CV < 10\%$, respectivamente) (Cuadro 3).

Adicionalmente, en ninguno de los modelos ajustados para estimar el peso corporal por sexo y raza, en los que se comparó el coeficiente de correlación con el del modelo general correspondiente por medio de una prueba de homogeneidad, se observó diferencia significativa entre ellos (Cuadro 4).

6. DISCUSIÓN

En la literatura se encuentran distintos modelos matemáticos que se recomiendan para estimar de manera indirecta el peso corporal de los caballos, los cuales se basan en medir características del animal, como el perímetro del tórax, del abdomen, y la longitud corporal. Una motivación que dio origen al presente estudio consistió en que, debido principalmente, a que la literatura que reporta estos modelos no fue generada en México, ni en alguna de ella se caracteriza a las poblaciones de animales, ni a las condiciones bajo las cuales se realizaron las mediciones utilizadas para construirlos, consideramos pertinente: suponer que, debido a que el peso corporal es una característica cuya variación está sujeta a la influencia de diversas condiciones, tanto ambientales, como del mismo animal, no son modelos confiables, y por ello suponemos que no son aplicables a las circunstancias de nuestro país, por lo tanto dudamos que sirvan para estimar confiablemente el peso de los caballos en México. Por lo tanto, en el presente estudio se trató de investigar, por una parte, si tales modelos sirven para estimar el peso corporal de los caballos, y por otra, cuál de ellos lo hace de manera confiable. Además, se formuló un modelo nuevo, bajo el supuesto de que, en apego a una metodología científica, y tomando en cuenta características no consideradas en los modelos en cuestión, como fueron la cabeza y el cuello de los caballos,

se realizaran estimaciones confiables con él. Para comparar los modelos entre sí, se les aplicaron tres criterios de selección, que se establecieron como indicadores de su capacidad para estimar el peso real.

A partir del cumplimiento de los criterios citados, se consideraron como modelos aceptables al de Martin & Rosset y al nuevo, no así los restantes, debido a que no cumplieron con uno o más de ellos, o porque su error de estimación del promedio fue mayor que el de los dos anteriores; el modelo de Martin & Rosset subestimó el promedio del peso corporal en 5 kg y el nuevo, en 200 g aproximadamente.

Se puede considerar que, estadísticamente, el incluir las variables de cuello y cabeza en el modelo (nuevo) y tener así un modelo con cuatro variables, propicia obtener estimaciones del peso más asociadas con el peso real que utilizando el modelo de Martin & Rosset, que sólo utiliza dos. El modelo nuevo sugiere que el peso corporal está determinado por más características corporales del animal, las que al ser incluidas en él lo hacen ser confiable. Sin embargo, desde el punto de vista práctico, pareciera no tener ventaja sobre el modelo de Martin & Rosset, ya que éste requeriría menor esfuerzo y tiempo para estimar el peso. Asimismo, la asociación observada entre el peso estimado con este modelo y el peso de los animales empleados en este estudio podría haber sido casual. Se debe hacer notar que en casos prácticos no se hacen estimaciones sobre la población sino en cada individuo, y en tal caso el error de estimación de Martin & Rosset podría ser mayor de 50 kg, a diferencia de 30 kg aproximadamente con el nuevo, lo que significa una ventaja para éste último. Asimismo, para seleccionar entre los dos modelos, se debe tener en cuenta cuáles son las necesidades de quien lo utilice. Por tanto, esta discrepancia entre modelos y su utilidad práctica es cuestionable y se debe considerar que, a diferencia del modelo de Martin & Rosset, del cual no se dispone de información sobre cómo se caracterizó a los sujetos a

partir de los que se elaboró, y por ello se puede objetar su validez externa, el modelo nuevo está sustentado científicamente y aporta información susceptible de aplicar a poblaciones similares a la de los sujetos empleados en su construcción.

El rechazo de la Cinta de peso y altura para caballos y ponies, es atribuible a que probablemente está estandarizada para animales de distinta conformación a los que se usaron en este estudio (16). Además, en otros estudios se concluye que para obtener un resultado más cercano al peso corporal se requiere del uso de otras variables como la alzada y raza (32).

El modelo propuesto por Carroll & Huntington es considerado por otros autores como un modelo confiable debido a la elevada correlación que muestra entre el perímetro torácico recto y el peso (2,6,16,21,31). Sin embargo, en este estudio probó lo opuesto, ya que no cumplió con dos de los criterios establecidos y además sobreestimó el promedio de peso real.

El modelo propuesto por Jones *et al.* mostró diferencias notables respecto de cualquiera de los otros modelos, tanto en su asociación entre el peso estimado y el real, en la variabilidad presentada, en su capacidad de estimación del peso y en que subestima significativamente el peso real en más de 50 kg en promedio. La subestimación del peso corporal del modelo de Jones *et al.* en este estudio, puede deberse a que este modelo incorpora variables tales como perímetro umbilical, el cual se ve influenciado por el intervalo de tiempo desde la hora de alimentación hasta la toma de la medida, la calidad de la dieta que se consume y la dificultad de tomar la medida, ya que los animales se mostraron inquietos al colocar la cinta en esta región, además de que la cinta se puede desplazar del sitio donde debe realizarse la lectura debido a su morfología (6,27). El incumplimiento de los criterios permite afirmar que no es una herramienta confiable para

estimar el peso en caballos.

Es recomendable hacer estudios posteriores con animales de conformación distinta, ya que se debe tomar en cuenta que los resultados obtenidos de este modelo son bajo las condiciones antes mencionadas y únicamente para las razas descritas.

Literatura citada

1. Broom DM, Johnson KG. Stress and Animal Welfare. 1st ed. London: Chapman and Hall, 1993.
2. Carroll CL, Huntington PJ. Body condition scoring and weight estimation of horses. Equine Veterinary Journal 1988; 20:41-45.
3. Ellis JM, Hollands T. Accuracy of different methods of estimating the weight of horses. Veterinary Record 1998; 143:335-336.
4. Frape D. Nutrición y alimentación del caballo. 1^a ed. España:Acribia S.A., 1992
5. Milner J, Hewitt D. Weight of horses: Improved estimates based on girth and length. Canadian Veterinary Journal 1969;10:314-316.
6. Pearson RA, Ouassat M. Estimation of live weight and body condition of working donkeys in morocco. Veterinary Record 1996;138:229-233
7. Brown CM. Problems in equine medicine. USA:Lea & Febiger Press,1989.
8. Tresguerres JA F. Fisiología Humana. 1^a ed. Madrid:Mcgraw-Hill,1992.
9. Harrison J. Principios de Medicina Interna. 12^a ed. México: McGraw-Hill,1991.
10. Jones W. Equine sports medicine. USA: Lea&Febiger, 1989.
11. Foreman J. Changes in body weight. In:Reed SM, Bayly W, editors. Equine Internal Medicine. USA:Saunders ,1998:135-232.
12. Evans WJ. Horses. 2nd ed. USA:W.H. Freeman and Company,1995.
13. Cunha TJ. Horse feeding and nutrition. 2nd ed. USA: Academic Press, 1991.

14. Potter GD, Gibbs PG. Feeding the performance horse. Memorias del 2^o Curso Internacional de Nutrición en Equinos. UNAM, 1998.
15. Rosset WM. Alimentación de los caballos. Francia:INRA,1990.
16. Jones RS, Lawrence TLJ, Veevers A, Cleave N, Hall J. Accuracy of prediction of the liveweight of horses from body measurements. Veterinary Record 1989;125:549-553.
17. Schultz DR, editor. Veterinary vaccines and diagnostics. USA:Academic Press,1999
18. Goodman A. Las Bases farmacológicas de la terapéutica. 9^a ed. México: Interamericana, 1996.
19. Boden E. Equine Practice. Great Britain:Bailliere Tindall,1991.
20. Pilliner S, Davies Z. Getting horses fit. Great Britain:Blackwell Science,2000.
21. Reavell DG. Measuring and estimating the weight of horses with tapes, formulae and by visual assessment. Equine Veterinary Education 1999;11:314-317.
22. Robinson EN, editor. Current therapy in equine medicine. Philadelphia: Saunders,1987.
23. Hayes HM. Veterinary notes for horses owners. Great Britain: Prentice Hall Press,1968.
24. Ellis PA. Condition scoring and weight estimation of horses. 2000 Sep. Available from URL: <http://www.nre.vic.gov.au>

25. Gibbs PG, Householder DD. Estimating horse body weight with a simple formula.
26. Hickman J, Colles C. Measurement of horses. *Veterinary Record* 1984;114:491-493.
27. Dyce KM, Sack WO, Wensing CJG. *Anatomia veterinaria*. Argentina:Editorial Médica Panamericana, 1991.
28. Klaus-Dieter B, Sack WO. *Anatomy of the horse*. 2a ed. Germany: Mosby-Wolfe, 1994.
29. Hair FJ, Anderson RE, Tatham RL, Black WC. *Multivariate Data Analysis*. 4th ed. New Jersey:Prentice Hall, 1995.
30. Edwards AL. *An introduction to linear regression and correlation*. USA: W.H. Freeman and Co, 1976.
31. Sreekumar KP, Nirmalan G. Estimation of body weight in Indian elephants (*Elephas maximus indicus*). *Veterinary Research Communications* 1989;13:3-9.
32. Ellis JM, Hollands T. Use of height-specific weigh tapes to estimate the bodyweight of horses. *Veterinary Record* 2002;150:632-634.
33. Neter J, Kutner MH, Nachtsheim CJ, Wasserman W. *Applied linear statistical models*, 4a ed. WCD/ McGraw-Hill, The Mc Graw-Hill Companies, Inc., 1996

Cuadro 1. Tabla para estimar el peso corporal en caballos de 2 a 18 meses con relación al peso esperado a la edad madura (22,23).

Edad (meses)	Peso Maduro (kg)					
	200	400	500	600	800	1000
2	60	105	130	155	150	210
4	85	150	150	220	250	315
6	110	185	185	275	340	420
8	125	220	220	320	400	500
10	140	245	245	360	450	565
12	150	270	270	400	500	630
14	160	290	290	435	540	670
16	165	305	305	460	580	730
18	170	320	320	480	620	780

* Peso maduro considerado a la edad de 5 años o 60 meses (Tomado de Robinson EN, editor. Current therapy in equine medicine. Philadelphia:Saunders,1987. Hayes HM. Veterinary notes for horse owners. Great Britain: Prentice Hall Press,1968)

Cuadro 2. Estimaciones del peso corporal y rangos de alzada para caballos en crecimiento de raza ligera (11).

Edad	Peso (kg)	Porcentaje de peso maduro*	Altura (cm)	Porcentaje de altura maduro*
Nacimiento	50 ± 9	10	96 ± 5	60
14 días	73 ± 14	14	104 ± 5	65
1 mes	91 ± 14	18	109 ± 5	68
2 meses	136 ± 14	27	114 ± 5	71
3 meses	163 ± 14	33	119 ± 5	75
4 meses	191 ± 14	38	123 ± 5	76
5 meses	214 ± 14	43	127 ± 5	79
6 meses	240 ± 14	48	129 ± 5	81
9 meses	295 ± 23	59	142 ± 5	89
12 meses	340 ± 23	68	147 ± 5	92
18 meses	409 ± 23	82	152 ± 5	95

* Peso maduro considerado a la edad de 5 años o 60 meses (Tomado de Foreman J. Changes in body weight. In: Reed SM, Bayly W, editors. Equine Internal Medicine. USA:Saunders, 1998:135-232)

ESTA VENTA NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

Cuadro 3. Cuadro descriptivo con los datos de cada modelo así como del peso de báscula

Modelos	n	Máximo (kg)	Mínimo (kg)	Promedio (kg) EP†	S (kg)	CV (%)	IC** (kg)	Modelo ajustado vs. Peso real
								r ² *
Peso báscula	58	640.4	447.60	525.29	44.63	8.49	513.74, 536.84	1
Jones <i>et al</i>	58	620.63	318.54	474.77 a -50.51	62.73	13.21	458.54, 491.00	0.3382
Carroll & Huntington	58	689.73	450.78	559.07 a 33.78	53.53	9.57	545.23, 572.93	0.7631
Milner & Hewitt	58	671.40	368.28	512.83 ns -12.46	59.46	11.59	497.45, 528.22	0.3997
Martin & Rosset	58	621.95	439.00	519.37 ns -5.91	40.44	7.7	508.91, 529.84	0.6932
Cinta	58	635.03	421.84	510.03 ns -15.26	50.33	9.86	497.01, 523.06	0.5142
Nuevo modelo	58	620.78	428.32	525.10 ns -0.18	41.53	7.91	514.36, 535.86	0.8662

n Tamaño de la muestra

a El promedio estimado difiere significativamente del real $P < 0.05$ ns El promedio estimado no difiere significativamente del real $P < 0.05$

EP† Error promedio (kg). La sobrestimación del promedio de peso se representa con números positivos, y la subestimación con negativos.

S Desviación estándar

CV Coeficiente de variación

IC Intervalo de confianza, ** del 95% para el promedio

r² Coeficiente de correlación * $P < 0.0001$

Cuadro 4. Prueba de homogeneidad entre coeficientes de correlación lineal de modelos para estimar el peso corporal de caballos por raza y sexo

Modelo	r^2 general	hembras	machos	criollos	Apendix
Jones <i>et al</i>	0.3382	$\chi^2_1=0.1464$; P=0.7019	$\chi^2_1=0.1351$; P=0.7131	$\chi^2_1=1.0825$; P=0.2981	$\chi^2_1=2.32$; P=0.1277
Carroll & Huntington	0.7631	$\chi^2_1=0.1684$; P=0.6814	$\chi^2_1=0.5731$; P=0.4490	$\chi^2_1=0.2018$; P=0.6532	$\chi^2_1=0.0354$; P=0.8507
Milner & Hewitt	0.3997	$\chi^2_1=2.3923$; P=0.1219	$\chi^2_1=0.5762$; P=0.4477	$\chi^2_1=0.1947$; P=0.6589	$\chi^2_1=0.1863$; P=0.6659
Martin & Rosset	0.6932	$\chi^2_1=0.4582$; P=0.4984	$\chi^2_1=0.7745$; P=0.3788	$\chi^2_1=0.7969$; P=0.3720	$\chi^2_1=0.2061$; P=0.6498
Cinta de peso y altura	0.5142	$\chi^2_1=0.9007$; P=0.3425	$\chi^2_1=0.7388$; P=0.3900	$\chi^2_1=0.0814$; P=0.7753	$\chi^2_1=0.1373$; P=0.7108
Nuevo modelo	0.8662	$\chi^2_1=0.2458$; P=0.6200	$\chi^2_1=0.6276$; P=0.4282	$\chi^2_1=0.1043$; P=0.7467	$\chi^2_1=0.0023$; P=0.9612

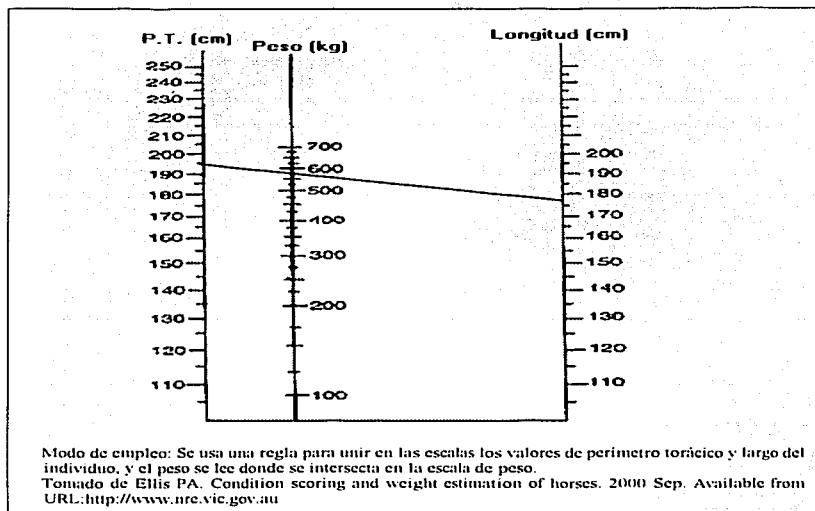


Figura 1. Nomograma para la estimación del peso corporal conociendo la medida de perímetro torácico (PT) y longitud (24).

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

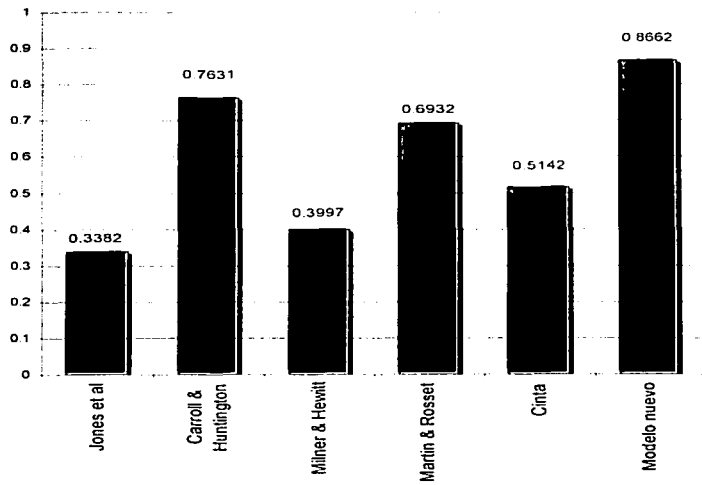


Figura 9. Valores de r^2 correspondientes a cada modelo.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

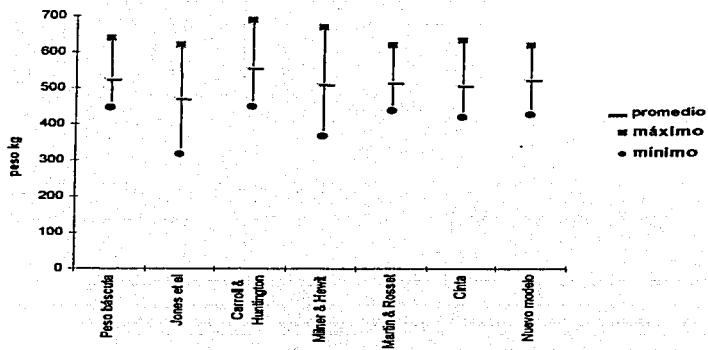


Figura 10. Comparación de promedios, máximos y mínimos de peso báscula y modelos.