

# Asociación de medidas morfométricas con grasa en el anca en caballos de salto en una escuela ecuestre de Bogotá\*

Juan Carlos Velásquez Mosquera<sup>1</sup> / Geovanny Mendoza Sánchez<sup>2</sup> / Juan David Corrales Álvarez<sup>3</sup> / María Alejandra Parra Pineda<sup>4</sup> / Andrés Camilo Medina Rodríguez<sup>4</sup> / Cristian David Izquierdo Sánchez<sup>4</sup> / Jessika Paola González Acosta<sup>4</sup>

## Resumen

Se realizó un estudio para conocer la relación de medidas morfométricas y engrasamiento corporal medido por ultrasonido en caballos de salto de una escuela ecuestre en Bogotá. Se midieron caballos de salto machos adultos mestizos de silla argentina por criollo colombiano ( $n = 9$ ) que se encontraban en entrenamiento. Las medidas analizadas fueron altura a la cruz (AC), perímetro torácico (PT), longitud corporal (LC), perímetro de caña posterior (PCP), peso real (PR), peso estimado (PES), espesor de grasa dorsal (EGD), espesor de grasa en el anca (EGA), área de ojo de lomo (AOL). Para estimar el engrasamiento se calcularon el índice de masa corporal (basado en medidas morfométricas) y el porcentaje de grasa corporal (basado en medidas de grasa por ultrasonido). Se realizó estadística descriptiva y análisis de componentes principales. Los promedios encontrados para AC, PT, LC, PCP, PES, PR, EGD, EGA y AOL fueron  $1,69 \pm 0,02$  m,  $1,89 \pm 0,04$  m,  $1,67 \pm 0,07$  m,  $26 \pm 1,82$  m,  $526 \pm 36$  kg,  $525 \pm 33$  kg,  $2,34 \pm 0,32$  mm,  $2,12 \pm 0,15$  mm y  $58 \pm 4,7$  cm<sup>2</sup> respectivamente. El índice de masa promedio estimado fue de  $183,97 \pm 11$  y el porcentaje de grasa corporal promedio fue de  $14,07 \pm 0,85$ . Los dos métodos para estimar el engrasamiento ( $r = 0,41$ ) se correlacionaron significativamente.

**Palabras clave:** conformación, equino, engrasamiento, ultrasonido.

## Association of morphometric measurements with rump fat in jumping horses in an equestrian school in Bogotá

### Abstract

The study aimed to determine the relationship of morphometric measurements and body fattening measured by ultrasound in jumping horses at an equestrian school in Bogotá. Adult male jumping horses in training, mixed breed of Argentine and Colombian Creole ( $n = 9$ ), were measured. The analyzed measurements were wither height (WH), thoracic perimeter (TP), body length (BL), hind leg perimeter (HLP), actual weight (AW), estimated weight (EW), backfat thickness (BT), rump fat thickness (RFT), and loin eye area (LEA). To estimate fattening, body mass index (based on morphometric measurements) and body fat percentage (based on fat measurements by ultrasound) were calculated. Descriptive statistics and principal component analysis were performed. The averages found for WH, TP, BL, HLP, AW, EW, BT, RFT, and LEA were  $1.69 \pm 0.02$  m,  $1.89 \pm 0.04$  m,  $1.67 \pm 0.07$  m,

\* Estudio exploratorio del Semillero de investigación en Mejoramiento de Animales Tropicales (Simat), adscrito al Grupo de Investigación Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

- 1 Médico veterinario, MSc. Docente investigador Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.  
✉ [jcvelasquez@unisalle.edu.co](mailto:jcvelasquez@unisalle.edu.co)
- 2 Médico veterinario zootecnista. PhD. Docente investigador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.  
✉ [gemendoza@unisalle.edu.co](mailto:gemendoza@unisalle.edu.co)
- 3 Zootecnista, MSc. Dr (c). Docente investigador, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.  
✉ [jdcorrales@unisalle.edu.co](mailto:jdcorrales@unisalle.edu.co)
- 4 Estudiantes de octavo semestre de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle, Bogotá, Colombia.

Cómo citar este artículo: Velásquez Mosquera JC, Mendoza Sánchez G, Corrales Álvarez JD, Parra Pineda MA, Medina Rodríguez AC, Izquierdo Sánchez CD, Gonzales Acosta JP. Asociación de medidas morfométricas con grasa en el anca en caballos de salto en una escuela ecuestre de Bogotá. Rev Med Vet. 2016;(32):67-77. doi: <http://dx.doi.org/10.19052/mv.3856>

$26 \pm 1.82$  m,  $526 \pm 36$  kg,  $525 \pm 33$  kg,  $2.34 \pm 0.32$  mm,  $2.12 \pm 0.15$  mm, and  $58 \pm 4.7$  cm<sup>2</sup>, respectively. The estimated average body mass index was  $183.97 \pm 11$ , and the average body fat percentage was  $14.07 \pm 0.85$ . The two methods for estimating fattening ( $r = 0.41$ ) were significantly correlated.

**Keywords:** conformation, equine, fattening, ultrasound.

## Associação de medidas morfométricas com gordura na anca em cavalos de salto em uma escola equestre de Bogotá

### Resumo

Realizou-se um estudo para conhecer a relação de medidas morfométricas e adiposidade corporal medido por ultrassom em cavalos de salto de uma escola equestre em Bogotá. Mediram-se cavalos de salto machos adultos mestiços de sela argentina por *criollo* colombiano ( $n = 9$ ) que estavam em treinamento. As medidas analisadas foram altura até a cruz (AC), perímetro torácico (PT), longitudude corporal (LC), perímetro de cana posterior (PR, PCP), peso real (PR), peso estimado (PES), espessura de gordura dorsal (EGD), espessura de gordura na anca (EGA), área de olho de lombo (AOL). Para calcular a gordura se calcularam o índice de massa corporal (baseado em medidas morfométricas) e a porcentagem de gordura corporal (baseado em medidas de gordura por ultrassom). Realizou-se estatística descritiva e análise de componentes principais. As médias encontradas para AC, PT, LC, PES, EGD, EGA e AOL foram  $1,69 \pm 0,02$  m,  $1,89 \pm 0,04$  m,  $1,67 \pm 0,07$  m,  $26 \pm 1,82$  m,  $526 \pm 36$  kg,  $525 \pm 33$  kg,  $2,34 \pm 0,32$  mm,  $2,12 \pm 0,15$  mm e  $58 \pm 4,7$  cm<sup>2</sup> respectivamente. O índice de massa média estimada foi de  $183,97 \pm 11$  e a porcentagem de gordura corporal média foi de  $14,07 \pm 0,85$ . Os dois métodos para estimar a adiposidade ( $r = 0,41$ ) se correlacionaram significativamente.

**Palavras chave:** conformação, equino, adiposidade, ultrassom.

## INTRODUCCIÓN

En Colombia, la mayoría de caballos de salto son de la raza *silla argentino*. Esta es una raza cuya aptitud principal es la silla, utilizada para todo tipo de competencias ecuestres, tanto así que se considera un equino deportivo por excelencia.

La raza silla argentino, también denominada *angloargentino*, resultó del cruce de distintas razas, entre las que se encuentran: silla francés, angloárabe, holstein, hannoveriano y pura sangre de carreras (1).

Por ser un animal resultado del cruce de diferentes razas, puede variar la conformación de un animal a otro; sin embargo, la mayoría se caracteriza por poseer mucha

fuerza en los miembros posteriores y, por lo tanto, por tener una buena técnica de salto (1).

En la modalidad de salto, un caballo de conformación equilibrada siempre avanzará de forma simétrica, sin tener que esforzarse demasiado mediante un movimiento libre y natural. Un caballo de excelente conformación y buen temperamento en manos de un buen jinete con experiencia debe acomodarse fácilmente a las exigencias racionales de este (2).

Durante años, los investigadores y entrenadores de caballos han intentado determinar qué características anatómicas y morfofisiológicas son predictivas de la capacidad de rendimiento en el caballo de competencia (3). Algunas características morfológicas como la alzada, el perímetro

torácico y el largo corporal se han venido usando para definir caballos con determinadas aptitudes deportivas (4).

Kearns y colaboradores (5) reportaron que, además de las medidas morfométricas, en los últimos años se ha despertado el interés por conocer la conformación muscular y adiposa del caballo de competencia, algunos estudios han brindado información importante usando la técnica de ultrasonografía para conocer la relación de grasa y la masa muscular en los caballos; pero todavía no es claro el nivel de engrasamiento que debería tener un animal de competencia (5).

En general, los equinos atletas desarrollan una masa músculo-esquelética proporcionalmente grande, con alto porcentaje de fibras musculares de contracción rápida y un bajo porcentaje de grasa corporal (5). Las razas de caballos atléticos comparten un biotipo definido y tienen patrones similares de deposición de grasa (6).

Varios estudios han intentado evaluar la composición corporal (grasa, músculo) en el caballo atleta, a través de una variedad de metodologías para dos razones principales: para medir las demandas de energía de los caballos (7) y para estimar el rendimiento (4,5).

Debido a que estimar la cobertura de grasa en un equino usando el clásico puntaje de condición corporal es subjetivo, existen métodos alternativos más precisos que cuantifican del grado de engrasamiento de un animal. Tal como en los humanos existe el índice de masa corporal (IMC), el cual relaciona el peso con la altura de la persona para dar una idea del grado de gordura, se han usado evaluaciones similares en caballos (8).

Los propietarios de caballos deben trabajar con sus veterinarios y entrenadores para determinar cuál sería un método fiable para estimar el estado de gordura o la condición corporal ideal para su caballo y disciplina. Sería necesario explorar varias aplicaciones prácticas del estudio de morfometría y la composición corporal en caballo de competencia. El presente estudio buscó determinar la relación de dos métodos para medir el nivel de engrasamiento de caballos de salto a partir de métodos morfo-

métricos y por medio de medidas de espesor grasa en el anca por medio de ultrasonido.

## MARCO TEÓRICO

### Peso ideal y nivel de engrasamiento óptimo en caballos atletas

La determinación del peso ideal de un caballo es compleja, en parte debido a grandes diferencias de raza que afectan la estructura esquelética y la musculatura. Según Carroll y Huntington (9), los músculos cuentan con más del 50 % del peso corporal en la mayoría de los caballos deportivos (cerca del 45 % en los caballos que no son de deporte). Al igual que en los seres humanos, el músculo pesa más que la grasa; por lo tanto, un caballo musculoso pesará más que uno gordo para un tipo de altura y cuerpo determinado (9).

Esta es otra razón por la cual la estimación del nivel de engrasamiento corporal sería útil (10). En este punto, no existe un consenso entre veterinarios y nutricionistas, a pesar de que la mayoría de los propietarios de caballos, veterinarios y nutricionistas están de acuerdo con que, en general, un animal delgado (dentro de lo razonable) es saludable. Un caballo con una condición corporal de cinco en una escala de uno a siete se considera generalmente en condición óptima (10). Sin embargo, en algunos casos puede ser deseable una condición más delgada o más engrasado (9).

Existen pocos estudios que se hayan concentrado en la relación entre la condición corporal y el desempeño de caballos. Sin embargo, Garlinghouse y Burrill (10) han reportado que los caballos que compiten en pruebas de resistencia tienen más éxito cuando presentan mayores reservas corporales. De los hallazgos de este estudio se deduciría que los caballos en pruebas de resistencia deben mantenerse en un puntaje de condición moderada (4-5) en una escala de uno a siete. Pagan y colaboradores (11), al evaluar caballos de salto, encontraron puntajes promedio de condición corporal que van desde 5,5 hasta

6,5 (11). En tal sentido, conocer el estado óptimo de reservas corporales (grasa subcutánea) es uno de los grandes desafíos y temas de interés en el equino atleta, ya que se debe lograr la mejor eficiencia entre gasto de energía y producción de trabajo. La energía tomada de las reservas corporales se traduce en trabajo más o menos eficiente ya sea procesada bajo un sistema aeróbico o anaeróbico. El optimizar la ecuación gasto energético-trabajo es la meta del entrenamiento (12).

### Estimación visual del engrasamiento en caballos

Dugdale y colaboradores (13) encontraron que la relación entre el puntaje de condición corporal (PCC) y la grasa corporal no es lineal. Con base en estos autores y otros reportes de Kohnke (14) y Kearns (6), se han planteado preocupaciones con respecto a la fiabilidad de las estimaciones derivadas del método subjetivo de PCC para estimar el contenido de grasa corporal. Estudios de Dugdale y colaboradores (13), usando la escala de puntaje de PCC para evaluar caballos de deporte, encontraron que este sistema puede ser útil en la estimación de la grasa corporal de animales en condición o puntajes magros (3-6); pero fue menos precisa en la evaluación de caballos en puntajes obesos (7-9). De este estudio se deduce la posibilidad de evaluar métodos alternativos al puntaje de condición corporal que sean más objetivos para estimar el engrasamiento de los equinos.

### Estimación de la grasa corporal en caballos por ultrasonido

Un método objetivo para medir la grasa de cobertura es a través de la técnica de ultrasonido en tiempo real. Un veterinario o técnico con entrenamiento en ultrasonografía de composición corporal puede medir la grasa en la cadera (grupa) del caballo (6).

Varios estudios en equinos atletas con mediciones de espesor de grasa subcutánea por ultrasonido en las regiones corporales, donde usualmente se estima la condición corporal del animal, encontraron que la grasa subcutá-

nea se acumula de manera diferente en zonas anatómicas corporales como costillas, anca y base de la cola; sin embargo, la medición de espesor de grasa en el anca tomada por ultrasonido demostró tener una correlación alta con el grado de adiposidad general del caballo (6,8).

Desde hace varias décadas, Westervelt y colaboradores (15) desarrollaron un método matemático usando un modelo de regresión lineal para calcular el porcentaje de grasa corporal a partir de la medición de grasa en el anca de los caballos (30). La ecuación desarrollada por Westervelt y colaboradores (15) del porcentaje de grasa corporal (PGCw) fue:

$$PGCw = 5,07 \times (\text{espesor de grasa del anca en cm}) + 6,22$$

Esta fue para un sitio específico sobre la grupa a 5 cm lateral desde la línea media en el centro del hueso pélvico.

Posteriormente, Kane y colaboradores (16) desarrollaron un método de cálculo del porcentaje de grasa para una ubicación diferente del anca, estos investigadores estudiaron mediciones de cinco sitios a lo largo de la grupa hasta la base de la cola, encontrando en un lugar medio el punto que arrojó la mejor predicción (16). El espesor de grasa medido en un lugar más cercano a la base de la cola fue más altamente correlacionado con la grasa y una ecuación predictiva se calculó como:

$$PGCk = 5,47 \times (\text{grasa en cm}) + 2,47$$

Con este método, por ejemplo, si el espesor de grasa en el anca o grupa del animal es de 3 cm, el total de grasa corporal sería de 18,88 % ( $3 \text{ cm} \times 5,47 = 16,41, + 2,47 = 18,88$ ), según estos estudios la mayoría de caballos en condición magra tendrían un porcentaje de grasa corporal entre 16 y 30 %.

En la mayoría de estudios realizados en los últimos años el porcentaje de grasa corporal en el caballo de deporte se ha calculado según la fórmula anterior (6,17,18). Esta ecuación ha sido usada en diversos estudios de equinos atletas y varias razas de caballos (pura sangre inglés, árabes, dartmoor); sin embargo, podría no ser aplicable a to-

Tabla 1. Porcentaje de grasa corporal (PGC) estimado a partir de grasa en la grupa por ultrasonido en caballos de deporte según varios autores

Autor/año	Raza	Peso (kg)	Condición corporal	PGC
Kane y cols. (16)	N/A	N/A	N/A	13,0
Webb y cols. (7)	PSI	503	Moderada	10,1
Lawrence y cols. (4)	Árabe	468	Moderada	7,8
Kearns y cols. (6)	PSI	527	Delgada	6,9

das (6,7). A pesar de esta precisión, la grasa de la cadera (medida en centímetros) sigue siendo una herramienta útil para estimar el nivel de engrasamiento del animal y se podría monitorear a través del tiempo.

Al calcular indirectamente el porcentaje de grasa con este método se asume que el espesor de grasa subcutánea de la grupa presenta una proporción constante de grasa para un determinado nivel de grasa de reserva (subcutánea), atribuyendo así diferencias en el peso corporal (tabla 1). Sin embargo, los depósitos de grasa adicionales a la grasa subcutánea, como los depósitos adiposos viscerales o intramusculares, que también contribuirían al porcentaje grasa corporal, no son tenidos en cuenta en este cálculo (19).

Reportes de Gentry y colaboradores (20) mostraron que el puntaje de condición corporal utilizando el sistema de estimación desarrollado por Henneke y colaboradores (21), que se concentra en la cantidad de grasa en áreas como la base de la cola, la decimotercera costilla, y cruz en yeguas de razas livianas, estuvo correlacionado con mediciones subcutáneas de la grasa tomadas por ultrasonido (coeficientes de correlación mayores a 0,80), especialmente en la zona de la grupa cercana a la base de la cola. Se concluye que con esta medición los criadores podrían tener una estimación más objetiva de la condición corporal de sus caballos. Resultados similares fueron reportados por Quaresma y colaboradores (22), quienes evaluando engrasamiento en asnas, notaron que las mediciones de espesor de grasa en el anca por ultrasonido estuvieron correlacionadas con puntajes de condición corporal (22).

### Índice de masa corporal: estimación de grasa a partir de medidas corporales

Debido a que estimar la cobertura de grasa en un animal usando el clásico puntaje de condición corporal es subjetivo y requiere experiencia en su determinación, han surgido métodos alternativos que cuantifican del grado de engrasamiento de un animal; entre los métodos que se han usado está la determinación de medidas morfométricas (21).

Entre las características morfológicas importantes en la conformación del caballo atleta se destacan las medidas de volumen del animal por ser determinantes de parte de la funcionalidad atlética y, además, porque responden a procesos de selección al ser consideradas de moderada a alta heredabilidad (peso, alzada, perímetro torácico y longitud corporal). Tamiosol y colaboradores (3), en caballos militares en Brasil, reportaron coeficientes de heredabilidad de moderados a altos para peso y altura a la cruz de 0,40 y 0,70, respectivamente (3).

Las correlaciones del puntaje de condición corporal con medidas morfométricas, incluyendo peso corporal, circunferencia torácica, altura e índice de masa corporal se han demostrado en estudios previos (8,21).

En los humanos, el IMC relaciona el peso con la altura de la persona para dar idea del grado de gordura; evaluaciones similares han sido adaptadas en caballos, citado por Pratt-Phillips (23). Donaldson y colaboradores (8) determinaron un IMC en caballos:

$$\text{IMC} = (\text{peso estimado [kg]} / \text{altura [m]}^2)$$

Ellos encontraron una correlación moderada ( $r = 0,60$ ) entre este índice de masa corporal y el puntaje de condición corporal (8). Sin embargo, ha habido poca aplicación generalizada de mediciones morfométricas para la estimación de la adiposidad en equinos.

Estudios de Donalson y colaboradores (8) concluyeron que de todas las medidas morfométricas relacionadas con engrasamiento, el perímetro torácico y la altura fueron las que más se ajustaron para evaluar la adiposidad general del animal (8). Carter (19) sustentó este hallazgo al someter caballos árabes a dietas hipercalóricas y así encontró que los caballos aumentaron su perímetro torácico a medida que iban engordando (24).

La relación perímetro torácico-alzada (PT:AC) ha sido también utilizada para estimar el grado de gordura del animal y está estrechamente relacionada con el puntaje de condición corporal. Estudios de Carter y colaboradores (19) evaluaron medias morfométricas en caballos de razas pura sangre inglés y árabes y concluyeron que las razas de caballos tuvieron diferentes relaciones de PT:AC asociadas con el nivel de gordura (19). En cuanto a las proporciones del perímetro torácico y altura, un caballo se considera con sobrepeso si la relación PT:AC fue de 1,26 (19).

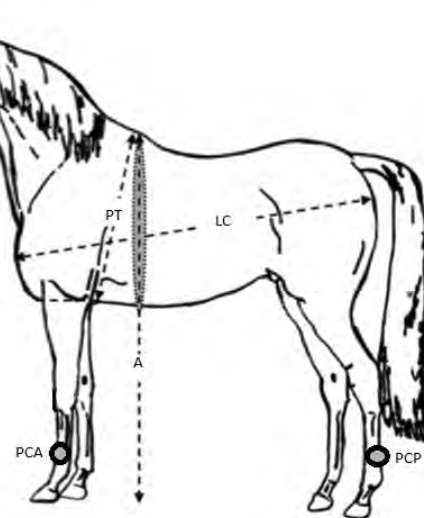
## MATERIALES Y MÉTODOS

Se evaluó un grupo de caballos de salto mestizos (silla argentina x criollo colombiano) con edad promedio de  $7,2 \pm 3,3$  años que se encontraban en actividad en la escuela ecuestre Cespo de la Policía Nacional en Bogotá. La escuela Cespo está ubicada en el noroccidente de Bogotá, a una altura de 2600 m s. n. m. y tiene una temperatura promedio de 17 °C. La muestra del estudio fue de nueve caballos ( $n = 9$ ) de un total de quince que estaban en entrenamiento. Todos los animales evaluados fueron machos comprendidos entre los 3 y los 12 años de edad.

Las medidas evaluadas fueron peso corporal (PC), altura a la cruz (AC), perímetro torácico (PT), longitud corporal (LC), perímetro caña posterior (PCP), perímetro caña anterior (PCA). El peso corporal se estimó de dos maneras: utilizando una báscula (peso corporal real PCR) y peso corporal estimado PCE según la fórmula sugerida por Carroll y Huntington (9) para caballos de deporte (figura 1):

$$\text{Peso en kg} = \frac{\text{perímetro tórax}^2 \times \text{longitud corporal}}{\text{en cm} \quad \text{en cm}} = 11.400$$

Figura 1. Representación de estructuras y lugar de donde se tomaron las medidas en los equinos de la escuela Cespo



A: altura a la cruz; PT: perímetro torácico; LC: longitud corporal; PCP: perímetro caña posterior; PCA: perímetro caña anterior.

La alzada se midió con la ayuda de un hipómetro que se colocó vertical y paralelo al miembro anterior izquierdo y bajando su brazo horizontal hasta alcanzar la región de la cruz.

El perímetro torácico se determinó rodeando la cincha del animal con una cinta métrica que se pasó por detrás de la cruz del caballo, bajándolo por los planos costales inmediatamente detrás de los codos y completando la circunferencia en la zona inferior del tórax.

La longitud corporal o escápulo isquial se midió con la ayuda de dos personas: una ubicada paralela a uno de los miembros anteriores del animal y que sostuvo el extremo anterior de la cinta métrica en el encuentro (articulación escápulo-humeral) y a otra persona dirigiendo la cinta en sentido posterior hasta alcanzar el punto de mayor convexidad de la nalga (músculo semitendinoso, sobre la punta del isquion).

El perímetro de caña o metacarpiano se determinó midiendo con una cinta métrica la circunferencia de la caña (metacarpo y metatarso) en su parte media, en el miembro anterior y posterior izquierdo.

El IMC se calculó según la fórmula sugerida por Donaldson y colaboradores (8) como:  $IMC = \text{peso estimado (kg)} / \text{altura (m)}^2$ , y el porcentaje de grasa corporal (PGC) según la fórmula usada por Kane y colaboradores (16) y Carroll y Huntington (9) como:

$$PGC = (5,47 \times EGA) + 2,47$$

Las medidas de composición corporal tomadas con ultrasonido fueron el área de ojo de lomo (AOL), el espesor de grasa dorsal (EGD) y el espesor de grasa en el anca (EGA). Estas medidas fueron tomadas por un técnico con entrenamiento en escaneo de medidas de composición corporal usando un ecógrafo Aquilavet con sonda de 18 cm y 3,5 Mhz. Las medidas dorsales se toman perpendicular a la columna vertebral entre las costillas 12 y 13 y la medida de grasa en el anca paralela a la columna vertebral en la pelvis del animal. Las medidas fueron guardadas en una memoria e interpretadas con el *software* Optical Data Transfer (ODT).

Se realizó un análisis descriptivo de todas las variables medidas sobre el animal. Adicionalmente, se estimaron las correlaciones entre el IMC, PGC y con las variables morfométricas y ecográficas.

Se realizó un análisis de componentes principales agrupando las variables que presentaran un coseno cuadrado superior a 0,30 (que presentaran una correlación con el componente superior a 0,54) con el objetivo de simplificar el conjunto de datos y agrupar aquellas variables correlacionadas en componentes que expliquen la variabilidad de los datos originales; estos reflejarán igualmente la relación que puede existir entre el IMC y el PGC con las otras variables en el estudio y aquellas que estén más relacionadas se encontrarán en el mismo componente. Estos procedimientos se realizaron a través del programa R (R Team, 2015) utilizando el paquete FactoMineR (25).

## RESULTADOS

Los promedios de las medidas morfométricas y de composición corporal se muestran en la tabla 2. Todas las variables medidas presentaron un coeficiente de variación bajo el cual indica que los datos son lo suficientemente homogéneos.

La correlación entre el IMC y el PGC con las variables en estudio se puede observar en la tabla 3. Con el PGC las medidas que presentaron una correlación positiva fueron IMC, PES, AC, LC, PT y se encontró una correlación negativa con el AOL.

Los dos primeros componentes principales explicaron el 74,055 % de la variabilidad total de los datos (figura 2). El primer componente que explica el 48,28 % agrupó las variables IMC, PGC, PR, PES, PR, PT y LC; mientras el segundo componente, con un 25,77 % de la variación de los datos, agrupó las variables AC, AOL y EGD.

Tabla 2. Media y desviación estándar de las variables tomadas directamente y los índices de masa corporal y porcentaje de grasa en caballos de salto en la escuela ecuestre de la Policía Nacional

Estadístico	Edad	Variables										
		AC (m)	PT (m)	LC (m)	PCP (cm)	PES (kg)	PR (kg)	EGD (mm)	EGA (mm)	AOL (cm <sup>2</sup> )	IMC	PGC
Promedio	7,000	1,691	1,89	1,677	26,00	526,333	525,444	2,344	2,1222	58,878	183,975	14,079
Desviación estándar	3,122	0,023	0,04	0,078	1,82	36,667	33,701	0,324	0,1563	4,767	11,077	0,855

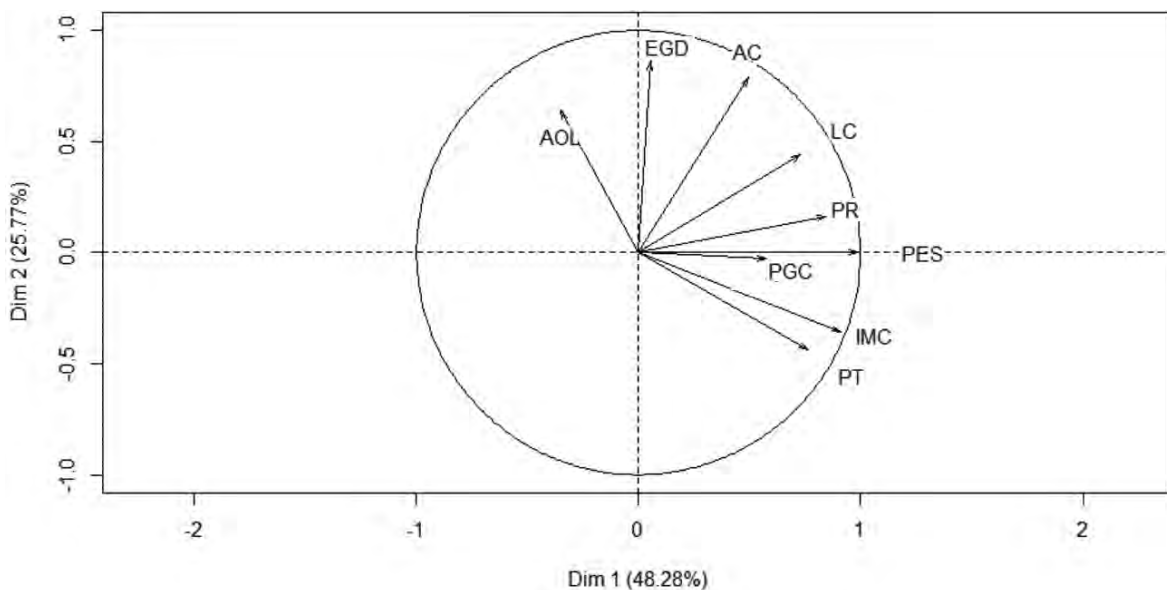
AC: altura a la cruz; PT: perímetro torácico; LC: longitud corporal; PCP: perímetro caña posterior; PES: peso estimado; PR: peso real; EGD: espesor de grasa dorsal; EGA: espesor de grasa en el anca; AOL: área de ojo de lomo; IMC: índice de masa corporal; PGC: porcentaje de grasa corporal.

Tabla 3. Correlación entre el IMC y el PGC con las variables en estudio

	IMC	PGC	PR	PES	AC	PT	LC	EGD	AOL
IMC	1,00	0,41	0,72	0,92	0,14	0,82	0,57	-0,25	-0,56
PGC		1,00	0,26	0,48	0,30	0,34	0,40	0,05	-0,38

IMC: índice de masa corporal; PGC: porcentaje de grasa corporal; PR: peso real; PES: peso estimado; AC: altura a la cruz; PT: perímetro torácico; LC: longitud corporal; EGD: espesor de grasa dorsal; AOL: área de ojo de lomo.

Figura 2. Componentes principales para medidas morfométricas, peso, medidas de ultrasonido, IMC y PGC





## DISCUSIÓN

### Peso corporal

Al comparar el peso corporal estimado a partir de medidas morfométricas según la fórmula sugerida por Carroll y Huntington (9) para equinos atletas, fue similar al valor real obtenido en la báscula, que sugiere la utilidad de usar medidas morfométricas como alternativa para calcular el peso cuando no se dispone de una.

El peso promedio encontrado en caballos de salto fue similar al reportado por Webb y colaboradores (7) para caballos deportivos pura sangre inglés (PSI) y similar al reportado por Kearns y colaboradores (6) en caballos de la misma raza e inferior a lo reportado por Carter y colaboradores en PSI (19).

### Altura a la cruz

En la escuela Cespo se encuentran animales de buena alzada, el promedio encontrado de 1,69 cm está dentro del rango aceptado en caballos de la silla argentina con una altura entre 1,55 cm y 1,75 cm (1).

### Perímetro torácico

Los caballos en la escuela Cespo presentaron un promedio de perímetro torácico de 1,89 cm, inferior a lo reportado por Carter y colaboradores (19) para caballos PSI de 1,97 m con 525 kg de peso y similar a lo reportado en caballos andaluces por Molina y colaboradores (26) de 1,89 cm.

### Longitud corporal

La medida de longitud corporal fue en promedio de 1,68 cm. Al compararla con reportes de Tangari y colaboradores (27), este es inferior a lo reportado en caballos cuarto de milla de 1,80 cm.

### Perímetro de caña

El perímetro de caña es inferior a lo reportado por Molina y colaboradores (26) de 31 cm en caballos andaluces.

### Área de ojo de lomo

Se encontraron valores promedio del AOL inferiores a lo reportado por DeFreitas y colaboradores (28) para caballos de raza árabes en Brasil de  $73,25 \pm 6,29$  cm<sup>2</sup>, diferencias que podrían ser atribuibles a la conformación y desarrollo muscular propio de cada biotipo de caballo o de la actividad atlética.

### Espesor de grasa dorsal

En lo correspondiente al espesor de la grasa dorsal, se encontraron valores similares a los reportados por De Freitas y colaboradores (28), de  $2,47 \pm 0,09$  mm para caballos de raza árabe. Sin embargo, fueron inferiores a reportes de Gobesso y colaboradores (29), quienes reportaron valores de espesor de grasa subcutánea medida en la última costilla de 4,7 mm en caballos PSI de 462 kg de peso y 5,6 mm en caballos de cuarto de milla de 510 kg de peso. Esta medida varía dependiendo del estado de gordura, nivel nutricional y actividad que tiene el caballo deportivo (29).

### Índice de masa corporal

El IMC promedio fue de 183,98 kg (tabla 2), el cual es inferior al promedio encontrado en ponis de 212,14 por Dugdale y colaboradores (30) y al promedio encontrado por Thatcher y colaboradores (31) de 215 en caballos atletas (17). Sin embargo, es necesario tener en cuenta que cada una de las razas o biotipos tiene un IMC ideal para el cual sería necesario realizar un estudio adicional que permita identificar las condiciones óptimas de los caballos para la aptitud de salto y poder realizar comparaciones.

### Porcentaje de grasa corporal

Al comparar el porcentaje de grasa corporal calculado usando la medición de grasa en el anca se encontró en el estudio un promedio del 14,07%, valor intermedio cuando se compara con el reportado por Kearns y colaboradores (6) para caballos trotadores árabes y PSI en condición magra, los cuales tendrían un porcentaje de grasa corporal de alrededor del 8%; sin embargo, estos mismos autores

sugieren que esta fórmula podría no ser aplicable a todas las razas y biotipos de caballos con conformaciones corporales diferentes (6).

### Correlaciones entre métodos para estimar la grasa

La correlación entre el IMC y el PGC fue de media a alta ( $r = 0,41$ ). Esto sugiere que las dos metodologías utilizadas, a pesar de que para su estimación se usan medidas corporales diferentes, se relacionan. Adicionalmente, como era de esperar, las medidas de altura a la cruz, longitud corporal y perímetro torácico se relacionan positivamente con el porcentaje de grasa corporal.

### Componentes principales

Los componentes principales agruparon los datos en dos grupos de variables con un buen porcentaje de la variabilidad explicada; el primer componente podría estar relacionado con una medida general de volumen corporal del caballo al agrupar las variables IMC, PGC, PR, PES, PT y LC en un solo componente; el segundo componente está relacionado con la alzada y medidas de composición corporal (músculo y grasa) del caballo al agrupar las variables AC, AOL y EGD.

### CONCLUSIONES

Los métodos usados para estimar la grasa en este estudio se asociaron significativamente, e indican que tanto a partir de medidas morfométricas como por medio de ultrasonido en tiempo real es posible estimar el engrasamiento corporal de caballos de salto. La ultrasonografía aplicada a la medición de grasa en equinos ofrecería nuevas posibilidades en el monitoreo de la condición corporal de equinos atletas.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a las directivas de la escuela Cespo de la Policía Nacional por permitir realizar este estudio.

### REFERENCIAS

1. Subiza H. Razas de caballos americanos [internet]. Buenos Aires; 2006 [citado 2015 ago 31]. Disponible en: <http://lacautivacaballos.com/Links/TextosCorregidos/Razasdecaballosamericanos.pdf>
2. Tissera J, Losinno L, Aguilar J, Ludueña R. Razas equinas guía de trabajos prácticos [internet]; 2009. Disponible en: [http://wwwproduccion-animalcomar/produccion\\_equininos/curso\\_equininos\\_I/22-razas\\_equininas\\_2009pdf](http://wwwproduccion-animalcomar/produccion_equininos/curso_equininos_I/22-razas_equininas_2009pdf)
3. Tamiosol PR, Cosmo TR, Pimentel CM, Dias LT, Teixeira RD. Heritability estimates for body weight and height at withers in Brazilian army horses. *Ciência Rural*. 2012;42(12):2246-51.
4. Lawrence L, Jackson S, Kline K, Moser L, Powell D, Biel M. Observations on body weight and condition of horses in a 150-mile endurance ride. *J Equine Vet Sci*. 1992;12(5):320-24.
5. Kearns CF, McKeever KH, Abe T. Overview of horse body composition and muscle architecture: implications for performance. *Vet J* 2002;164(3):224-34.
6. Kearns CF, McKeever KH, Kumagai K, Abe T. Fat-free mass is related to one-mile race performance in elite standardbred horses. *Vet J* 2002;163(3):260-6.
7. Webb SP, Potter GD, Evans JW, Webb GW. Influence of body fat content on digestible energy requirements of exercising horses in temperate and hot environments. *J Equine Vet Sci*. 1990;10(2):116-20.
8. Donaldson MT, McFarlane D, Jorgensen AJ, Beech J. Correlation between plasma  $\alpha$ -melanocyte-stimulating hormone concentration and body mass index in healthy horses. *Am J Vet Res*. 2004;65(11):1469-73.
9. Carroll CL, Huntington PJ. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet J*. 1988;20(1):41-5.
10. Garlinghouse SE, Burrill MJ. Relationship of body condition score to completion rate during 160 km endurance races. *Equine Vet J Suppl*. 1999;(30):591-95.
11. Pagan JD, Hintz HF. Equine energetics II Energy expenditure in horses during submaximal exercise. *J Anim Sci*. 1986;63(3):822-30.
12. Acuña, M. Entrenamiento del caballo de *endurance* [internet]. 2005. [citado 2015 ago 31]. Disponible en:

- <http://www.infohipico.com/hipico/content/view/full/1871>
13. Dugdale AH, Grove-White D, Curtis GC, Harris PA, Argo CM. Body condition scoring as a predictor of body fat in horses and ponies. *Vet J.* 2012;194(2):173-8.
  14. Kohnke J. Feeding and Nutrition horses: The Making of a Champion Birubi Pacific Pymble Australia; 1992. p. 163-6.
  15. Westervelt RG, Stouffer JR, Hintz HF, Schryver HF. Estimating fatness in horses and ponies. *J Anim Sci.* 1976;43(4):781-5.
  16. Kane RA, Fisher M, Parrett D, Lawrence LM. Estimating fatness in horses. In *Proceedings of the 10th Equine Nutrition and Physiology Symposium.* 1987; 127. p. 31.
  17. De Oliveira Gobesso A, Martins RA, Gil PC, Françoso R, Gonzaga IV. Avaliação de escore corporal em equinos através da ultrassonografia. *Brazilian J Vet Res and Anim Sci.* 2014;51(2):136-41.
  18. Quaresma M, Payan-Carreira R, Silva SR. Relationship between ultrasound measurements of body fat reserves and body condition score in female donkeys. *Vet J.* 2013;197(2):329-34.
  19. Carter RA, Geor RJ, Staniar WB, Cubitt TA, Harris PA. Apparent adiposity assessed by standardised scoring systems and morphometric measurements in horses and ponies. *Vet J.* 2009;179(2):204-10.
  20. Gentry LR, Thompson DL, Gentry GT, Del Vecchio RP, Davis KA, Del Vecchio PM. The relationship between body condition score and ultrasonic fat measurements in mares of high versus low body condition. *J Equine Vet Sci.* 2004;24(5):198-203.
  21. Henneke DR, Potter GD, Kreider JL, Yeates BF. Relationship between condition score physical measurements and body fat percentage in mares. *Equine Vet J.* 1983;15(4):371-2.
  22. Quaresma M, Payan-Carreira R, Silva SR. Relationship between ultrasound measurements of body fat reserves and body condition score in female donkeys. *Vet J.* 2013;197(2):329-34.
  23. Pratt-Phillips S. Determining Horses' Body Weight and Ideal Condition [internet]. *Thehorse.com.* 2013 [citado 2015 ago 31]. Disponible en: <http://www.thehorse.com/articles/24740/determining-horses-body-weight-and-ideal-condition>
  24. Carter R. Equine obesity and its role in insulin resistance, inflammation and risk for laminitis [doctoral dissertation]. Virginia: Polytechnic Institute and State University; 2008. Disponible en: [http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07242008-093620/unrestricted/Carter\\_PhD\\_Dissertation\\_final.pdf](http://scholar.lib.vt.edu/theses/available/etd-07242008-093620/unrestricted/Carter_PhD_Dissertation_final.pdf)
  25. Francois H, Julie J, Sebastien L, Jeremy M. FactoMineR: Multivariate Exploratory Data Analysis and Data Mining. R package version 129 [internet]; 2015. Disponible en <http://CRAN.R-project.org/package=FactoMineR>
  26. Molina A, Valera M, Dos Santos R, Rodero A. Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse. *Livest Prod Sci.* 1999;60(2):295-303.
  27. Tangari C, Rogério C, Vasconcelos Silva JA-II, Monteiro Corrêa MJ, Nunes de Oliveira H, Silveira da Mota M. Morphological and genomic differences between cutting and racing lines of quarter horses. *J Equine Vet Sci.* 2013;33:244-9.
  28. De Freitas D'Angelis FH, Dias Silveira da Mota M, Villela Villaça Freitas E, De Camargo Ferraz G, Rodrigues Abrahão A et al. Ultra-sonografia do músculo longissimus dorsi de equinos da raça Puro-sangue Árabe em treinamento de resistência associado à suplementação prolongada com creatina. *Revista Brasileira de Ciencia Veterinaria.* 2004;12(1/3):142-6.
  29. Gobesso A, De Oliveira RA, Diaz Toledo Martins PC, Nunes Gil RF, Ferreira Gonzaga IV. Avaliação de escore corporal em equinos através da ultrassonografia. *Braz J Vet Res An Sci.* 2014;51(2):136-41.
  30. Dugdale AH, Curtis GC, Harris PA, Argo CM. Assessment of body fat in the pony: Part I Relationships between the anatomical distribution of adipose tissue body composition and body condition. *Equine Vet J.* 2011;43(5):552-61.
  31. Thatcher CD, Pleasant RS, Geor RJ, Elvinger F. Prevalence of overconditioning in mature horses in Southwest Virginia during the summer. *J Vet Intern Med.* 2012;26(6):1413-8.