

2023-06-22

## Asociación entre parámetros de condición corporal, ultrasonografía y biometría corporal y testicular en reproductores equinos del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia

Gerard Nicolay Martin Diaz  
*Universidad de La Salle, Bogotá, gemartin26@unisalle.edu.co*

Jair Pérez Osorio  
*Universidad de La Salle, Bogotá, jairperez@unisalle.edu.co*

Aldemar González Rodríguez  
*Universidad de La Salle, Bogotá, aldgonzalez@unisalle.edu.co*

Juan Carlos Velásquez Mosquera  
*Universidad de La Salle, Bogotá, jcvelasquez@unisalle.edu.co*

Alexander Navas Panadero  
*Universidad de La Salle, Bogotá, anavas@unisalle.edu.co*

See next page for additional authors  
Follow this and additional works at: <https://ciencia.lasalle.edu.co/mv>



Part of the [Agriculture Commons](#), [Animal Sciences Commons](#), and the [Veterinary Medicine Commons](#)

---

### Citación recomendada

Martin Diaz GN, Pérez Osorio J, González Rodríguez A, Velásquez Mosquera JC, Navas Panadero A, Mendoza- Sánchez G, Cavanzo Farfán PN, Andrade Souza F, Brito LF y Fernandes Pasquini D. Asociación entre parámetros de condición corporal, ultrasonografía y biometría corporal y testicular en reproductores equinos del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Rev Med Vet. 2023;(47):. doi: <https://doi.org/10.19052/mv.vol1.iss47.4>

This Artículo de investigación is brought to you for free and open access by the Revistas científicas at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Revista de Medicina Veterinaria by an authorized editor of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

---

**Asociación entre parámetros de condición corporal, ultrasonografía y biometría corporal y testicular en reproductores equinos del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia**

**Autor**

Gerard Nicolay Martin Díaz, Jair Pérez Osorio, Aldemar González Rodríguez, Juan Carlos Velásquez Mosquera, Alexander Navas Panadero, Geovanny Mendoza- Sánchez, Paula Natalia Cavanzo Farfán, Fernando Andrade Souza, Leonardo F. Brito, and Daniel Fernandes Pasquini

# Asociación entre parámetros de condición corporal, ultrasonografía y biometría corporal y testicular en reproductores equinos del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia\*

Gerard Nicolay Martín Díaz<sup>1</sup> / Jair Pérez Osorio<sup>2</sup> / Aldemar González Rodríguez<sup>3</sup> / Juan Carlos Velásquez Mosquera<sup>4</sup> / Alexander Navas Panadero<sup>5</sup> / Geovanny Mendoza-Sánchez<sup>6</sup> / Paula Natalia Cavanzo Farfán<sup>7</sup> / Fernando Andrade Souza<sup>8</sup> / Leonardo F. Brito<sup>9</sup> / Daniel Fernandes Pasquini<sup>10</sup>

\* Artículo de investigación.

1 Médico veterinario. Magister (e) en Ciencias Veterinarias, Universidad de La Salle-Policía Nacional de Colombia, Dicar, Criadero Caballar Mancillas, Facatativá, Cundinamarca, Colombia.

✉ gemartin26@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-0792-9472>

2 Médico veterinario zootecnista. Magister en Reproducción Animal, doctor en Reproducción Animal, Grupo de Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Universidad de La Salle.

✉ jairperez@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-4714-9406>

3 Médico veterinario. Magister en Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, y Mejora Genética Animal y Biotecnología de la Reproducción y doctor en Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Grupo de Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Universidad de La Salle-Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Facultad de Ciencias Agropecuarias, Tunja, Colombia.

✉ aldgonzalez@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9869-524X>

**Cómo citar este artículo:** Martin Diaz GN, Pérez Osorio J, González Rodríguez A, Velásquez Mosquera JC, Navas Panadero A, Mendoza-Sánchez G, et al. Asociación entre parámetros de condición corporal, ultrasonografía y biometría corporal y testicular en reproductores equinos del municipio de Facatativá, Cundinamarca, Colombia. *Rev Med Vet.* 2023;(47): e0004. Disponible en: <http://doi.org/10.19052/mv.voll.iss47.4>

## Resumen

El objetivo del presente estudio fue conocer la asociación existente entre las medidas morfométricas, el engrasamiento corporal medido por ultrasonido, y la biometría testicular en caballos del Criadero Caballar Mancillas de la Policía Nacional, ubicado en el municipio de Facatativá, Cundinamarca. Se realizaron mediciones morfométricas en doce sementales adultos de seis razas, entre los cinco y los catorce años. Dichos ejemplares estaban en entrenamiento y en un programa reproductivo, y en un buen estado de bienestar físico, mental y reproductivo. Las medidas analizadas fueron la altura a la

4 Médico veterinario. Magister en Ciencias Agrarias con énfasis en Producción Animal Tropical. Grupo de Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Universidad de La Salle.

✉ jcvelasquez@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4066-5376>

5 Médico veterinario zootecnista. Magister en Agroforestería Tropical, doctor en Agroecología. Grupo de Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Universidad de La Salle.

✉ anavas@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-8975-2601>

6 Médico veterinario zootecnista. Doctor en Genética y Mejoramiento Animal. Grupo de Reproducción y Mejoramiento en Animales Tropicales (Remeat), Universidad de La Salle.

✉ gemendoza@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4887-2505>

7 Estudiante de Medicina Veterinaria, Universidad de La Salle.

✉ pcavanzo70@unisalle.edu.co

🌐 <https://orcid.org/0000-0001-9292-1584>

8 Médico veterinario. Magister en Ciencia Animal con énfasis en Reproducción Animal. Doctor en Reproducción Animal en Ciencia Animal con énfasis Reproducción Animal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

✉ fernando.andrade@ufpr.br

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-9474-9404>

9 DVM. MSc. MVSc. PhD. Diplomate of the American College of Theriogenologists, Associate Professor of Large Animal Reproduction, Department of Clinical Studies, New Bolton Center, University of Pennsylvania School of Veterinary Medicine, USA.

✉ lbrito@vet.upenn.edu

🌐 <https://orcid.org/0000-0002-0675-612X>

10 Médico veterinario. Magister en Reproducción Animal. Gerente técnico de Botupharma S.A., São José dos Campos, São Paulo, Brasil.

✉ daniel.pasquini@botupharma.com.br

🌐 <https://orcid.org/0000-0003-4472-6471>

cruz (AL), el perímetro torácico (PTm), la longitud corporal (LCm), la circunferencia del cuello (CCmU), relación entre la circunferencia del cuello y la alzada (PCCA), la relación entre circunferencia torácica y altura (PPTmA), el peso en báscula real (PBR), el pliegue cutáneo (PCmm), la condición corporal (CC), el espesor del pliegue cutáneo (EPC), el espesor de la grasa en la cadera (EGC), el espesor de la grasa en la base de la cola (EGCO), el índice de masa corporal (IMCM), el porcentaje de grasa corporal (PGC), la distancia anogenital (DAG), el ancho escrotal (AE), el volumen testicular total (VTT), y la producción espermática diaria estimada (DSO). Para estimar el engrasamiento, se calcularon el índice de masa corporal y el porcentaje de grasa corporal. Se realizaron la estadística descriptiva y el análisis de componentes principales correlaciones de Pearson. En suma, los promedios encontrados respectivamente para AC, PT, LC, PR, EPC, CC, CCU, EGC, EGCO, IMC, VT, DSO y DAG, AL, PTm, LCm, PCmm, CC, CCm, PB, EG, EC, AE, LTI, ATI, HTI, LTD, ATD, HTD fueron  $1,64 \pm 5,02$  m,  $1,93 \pm 7,16$  m,  $1,70 \pm 6,93$  m,  $562 \pm 60,29$  kg,  $8,76 \pm 1,06$  mm,  $5,92 \pm 1,08$ ,  $1,21 \pm 12,80$  m,  $2,12 \pm 0,92$  mm,  $2,49 \pm 0,48$  mm,  $206,58 \pm 14,53$  kg/m<sup>2</sup>,  $538,78 \pm 104,39$  cm<sup>3</sup>,  $12,80 \pm 2,50 \times 10^9$ ,  $48,00 \pm 3,64$  cm  $1,67 \pm 0,05$  m,  $1,95 \pm 0,08$  m,  $1,71 \pm 0,06$  m,  $1,23 \pm 0,12$  m,  $8,83 \pm 1,19$  mm,  $6,92 \pm 0,67$ ,  $1,23 \pm 0,12$  m,  $562,7 \pm 60,3$  kg,  $2,35 \pm 0,66$  mm,  $2,54 \pm 0,72$  mm,  $12,03 \pm 0,87$  cm,  $10,84 \pm 0,64$  cm,  $6,97 \pm 0,56$  cm,  $8,36 \pm 0,76$  cm,  $10,38 \pm 0,87$  cm,  $6,53 \pm 0,43$  cm, y  $8,88 \pm 1,09$  cm. Se presentaron correlaciones altas y positivas entre la raza, y parámetros morfométricos, como longitud corporal, peso con báscula, perímetro torácico y circunferencia del cuello, así como la condición corporal. Los resultados de este estudio permiten establecer que las medidas ultrasonográficas de espesor de grasa en la cadera (EGC) y espesor de la grasa en la base de la cola (EGCOEC) son importantes predictores del nivel de engrasamiento del caballo, y pueden ser utilizadas en estudios de morfometría y evaluación clínica de caballos sanos para establecer su puntaje de condición corporal ideal; sin embargo, se debe profundizar, ya que la raza juega un papel determinante.

**Palabras clave:** biometría testicular; equinos; morfometría; puntaje de condición corporal; ultrasonografía.

## Association between Body Condition, Ultrasonography, Morphometric Measurements and Testicular Biometry in Stallions in the Municipality of Facatativá, Cundinamarca, Colombia

### Abstract

The study was carried out to determine the association between morphometric measurements, body fat measured by ultrasound and testicular biometry in horses belonging to the Caballar Mancillas Breeding Facility of the National Police, located in the municipality of Facatativá, Cundinamarca. Morphometrics were performed on 12 adult stallions of 6 breeds, between 5 and 14 years old, which were in the training process and in a reproductive program, and show physical, mental and reproductive well-being. The measurements analyzed were height at the withers (AL), chest circumference (PTm), body length (LCm), neck circumference (CCmU), neck circumference to height at the withers ratio (PCCA), chest circumference to height at the withers ratio (PPTmA), real weight (PBR), skinfold thickness (SFTPCmm), body condition score (CC), fat thickness at the hip (EGC), fat thickness at the base of the tail (EGCO), body mass index

(BMIIMC), body fat percentage (PGC), anogenital distance (DAG), scrotal width (AE), total testicular volume (VTT) and estimated daily sperm production (DSO). To evaluate the fatness, the body mass index (based on morphometric measurements) and the percentage of body fat (based on ultrasound fat measurements) were calculated. Descriptive statistics and principal component Pearson correlations analysis were performed. The means found for AC, PT, LC, PR, EPC, CC, CCU, EGC, EGCO, IMC, VT, DSO, DAG, AL, PTm, LCm, PCmm, CC, CCm, PB, EG, EC, AE, LTI, ATI, HTI, LTD, ATD and HTD were, respectively,  $1.64 \pm 5.02$  m,  $1.93 \pm 7.16$  m,  $1.70 \pm 6.93$  m,  $562 \pm 60.29$  kg,  $8.76 \pm 1.06$  mm,  $5.92 \pm 1.08$ ,  $1.21 \pm 12.80$  m,  $2.12 \pm 0.92$  mm,  $2.49 \pm 0.48$  mm,  $206.58 \pm 14.53$  kg/m<sup>2</sup>,  $538.78 \pm 104.39$  cm<sup>3</sup>,  $12.80 \pm 2.50 \times 10^9$ ,  $48.00 \pm 3.64$  cm and  $1.67 \pm 0.05$  m,  $1.95 \pm 0.08$  m,  $1.71 \pm 0.06$  m,  $1.23 \pm 0.12$  m,  $8.83 \pm 1.19$  mm,  $6.92 \pm 0.67$ ,  $1.23 \pm 0.12$  m,  $562.7 \pm 60.3$  kg,  $2.35 \pm 0.66$  mm,  $2.54 \pm 0.72$  mm,  $12.03 \pm 0.87$  cm,  $10.84 \pm 0.64$  cm,  $6.97 \pm 0.56$  cm,  $8.36 \pm 0.76$  cm,  $10.38 \pm 0.87$  cm,  $6.53 \pm 0.43$  cm, and  $8.88 \pm 1.09$  cm. High and positive correlations were presented between race and morphometric parameters such as body length, weight with scale, thoracic perimeter and body condition, chest circumference and neck circumference. The results of this study allow us to establish that the ultrasonographic measurements of fat thickness at the hip (EGC), and fat thickness at the base of the tail (EGCO), are important predictors of the level of fatness in the horse, and can be used in studies of morphometry and clinical evaluation of healthy horses to establish their ideal body condition score; however, it must be deepened, since the race plays a determining role.

**Keywords:** morphometric measures; body score condition; testicular morphometric; sperm traits.

## INTRODUCCIÓN

Para definir la normalidad en los parámetros de la eficiencia productiva de los programas reproductivos en equinos, es importante monitorear la variación de peso y/o estado de gordura; por consiguiente, a menudo hay estimaciones de la grasa corporal. En ese sentido, se tienen varios sistemas disponibles para estimar la grasa corporal, y el uso de cada método supone unos beneficios y unos desafíos (1). De acuerdo con El-Maaty y sus colaboradores (2), el envejecimiento en los sementales está directamente relacionado con la disminución de la fertilidad, la disminución de la grasa corporal, y, a su vez, con la disminución en las concentraciones de leptina. Sin embargo, en el mundo hay poca evidencia clínica de cómo los niveles de engrasamiento y el puntaje de condición corporal pueden afectar, o estar directamente correlacionados con los parámetros espermáticos en el semen fresco, con los índices de motilidad espermática, y con la biometría testicular.

A pesar de que el puntaje de la condición corporal se considere subjetivo, sigue siendo el medio más práctico para que los propietarios puedan evaluar periódicamente la condición corporal de su caballo, debido a su asociación con enfermedades o trastornos relacionados con el engrasamiento. Determinar la condición corporal óptima de los caballos es posible mediante el estudio muestral de ejemplares que representen a la población (3).

Actualmente, hay estudios escasos que relacionan factores fisiológicos y técnicas que se comportan como métodos objetivos para la determinación del puntaje de condición corporal, el grado de engrasamiento, las medidas de morfometrías específicas y la biometría testicular (3). Con ello se alude a estudios que permitan, no solo determinar el mejor biotipo de caballo específico para cada disciplina en particular, sino que conduzcan a evaluar y conocer de forma más precisa el grado de depósito de tejido adiposo y su relación con las características biométricas testiculares, y con la producción espermática diaria estimada (3).

Varios estudios han intentado evaluar la composición corporal (grasa y músculo) en el caballo atleta, por medio de una variedad de metodologías. Esto obedece a dos propósitos principales: medir las demandas de energía de los caballos (4), y estimar su rendimiento (5).

Debido a que determinar la cobertura de grasa en un equino mediante el clásico puntaje de condición corporal es subjetivo, existen métodos alternativos más precisos que cuantifican el grado de engrasamiento de un animal. Tal como en los humanos, donde hay un índice de masa corporal (IMC) que relaciona el peso con la altura de la persona, para dar una idea del grado de gordura, se han usado evaluaciones similares en caballos (6).

La evaluación del tamaño de los testículos es un parámetro muy importante para la selección de los sementales, ya que determina de forma indirecta el potencial reproductivo. De tal forma, el tamaño testicular puede ser una característica relevante que auxilia la predicción del potencial reproductivo de los caballos de raza pony brasileros; de tal modo, en estudios realizados en Brasil se sugiere que hay una variación en la concentración sérica de testosterona, la cual afecta posiblemente la fertilidad de estos animales (7).

El empleo del laboratorio clínico en medicina equina se extiende a la formulación del pronóstico, el monitoreo de tratamientos, la implementación de medidas preventivas, el cumplimiento de regulaciones gubernamentales para el transporte de animales y, particularmente, a la evaluación del desempeño atlético de cada semental en determinados periodos de tiempo (8). La correcta interpretación de los resultados del análisis laboratorial requiere de valores de referencia que procedan de la población de origen, debido a la influencia de importantes variables relacionadas con el manejo, los aspectos nutricionales, la estabulación, o las disposiciones ambientales o genéticas (9). Así, cada raza tiene la tendencia a expresar características fenotípicas y fisiológicas específicas relacionadas con el tipo de actividad y el fin zootécnico a los cuales es sometida (10).

En las últimas décadas, los niveles de entrenamiento constantes han permitido el conocimiento de los parámetros clínicos requeridos para mejorar el rendimiento y la capacidad física del caballo con rigor. Además, el conocimiento de la dieta balanceada y del efecto de la nutrición diferenciada ha propuesto como marcadores objetivos de la fisiología y del nivel de entrenamiento, los cambios fisiológicos, hematológicos y bioquímicos observados en razas equinas, tras competencias de velocidad (11), cabalgatas de resistencia (12), competencias de polo (13), encuentros de rodeo (14) y certámenes de salto (15). Para los caballos de patrullaje de la Policía Nacional de Colombia, se ha hecho necesaria la definición de valores y parámetros de referencia tanto sanguíneos como hepáticos, los cuales permiten un mejor conocimiento y entendimiento de los aspectos metabólicos, endocrinos y reproductivos (16). Esto permite determinar la puntuación de condición corporal, asociada a un manejo particular en caballos a una altitud de 2700 m s. n. m. que pertenecen a la Policía Nacional (16).

Los propietarios de caballos deben trabajar en programas de selección y mejoramiento genético para determinar cuál sería un método altamente sensible y confiable para poder estimar el estado de gordura o la condición corporal ideal para su caballo y disciplina. Lo anterior hace necesario explorar varias aplicaciones prácticas del estudio de morfometría, y la puntuación de condición corporal de la Policía Nacional, por sus distintas funciones y su rol en esta entidad. Aquello se dio con el objetivo de identificar un biotipo de caballo que se adapte a la condición de la sábana en la cual se encuentran los equinos de la Policía Nacional, e, inclusive, para seleccionar un tipo de caballo según su condición de morfometría, puntuación de condición corporal, medidas de biometría testicular y calidad espermática. Se debería observar así cómo estas se adaptan a la condición de clima y medio ambiente del altiplano de Cundinamarca en Colombia, de modo que no se afecte su potencial reproductivo y de rendimiento, y se permita orientar a distintos criadores de caballos en la selección de futuros reproductores en nuestro país.

El objetivo de este trabajo fue establecer la relación existente entre el estado de engrasamiento corporal mediante el ultrasonido en tiempo real, la morfometría, la biometría testicular y el volumen testicular de los equinos utilizados como ejemplares donantes de semen del criadero de la Policía Nacional, en Facatativá, Cundinamarca, Colombia. Aquello se dio con el fin de mejorar la comprensión y evaluación del grado de asociación entre parámetros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Aspectos éticos

El estudio fue aprobado por el Comité de Ética (Cicua) de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad de La Salle (Bogotá, Colombia) con código REF: 085 (10/06/2022). Los animales fueron tratados según los lineamientos éticos de bienestar animal, dando cumplimiento a lo consagrado en la Ley 1774 de 2016.

### Localización

La ejecución fue realizada en el Criadero Caballar Mancilla, perteneciente a la Policía Nacional de Colombia, y ubicado en Facatativá, Cundinamarca, latitud 4,8456467 y longitud -74,3439009, con una altura de 2626 m s. n. m. Durante el muestreo, se presentó una precipitación de 15 mm, una humedad relativa del 60 %, una temperatura de 17,5 °C, y una sensación térmica de 14 °C, con vientos de 7 km/h, y un índice UV de 13,23.

### Material biológico

Se seleccionaron doce sementales de diferentes razas (Ra) (tabla 1), con un rango de edades (E) entre cinco y catorce años (tabla 2). Estos animales estuvieron destinados a la producción de caballos de patrullaje, eficientes para actividades netamente policiales, y con buena salud física, mental y reproductiva.

Tabla 1. Razas y número de ejemplares empleados

Raza	n
Silla Argentina	2
Silla Francés	2
KWPN	1
Frisón	3
Belga	2
Percherón	2
Total	12

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Edades y número de ejemplares empleados

Edad	n
5 años	1
6 años	2
7 años	2
8 años	2
12 años	1
13 años	2
14 años	2
Total	12

Fuente: elaboración propia

**Variables registradas:** En este estudio se evaluaron datos cuantitativos, de los cuales algunos fueron tomados de manera manual, y otros se calcularon de acuerdo con lo descrito en la literatura. Estos son:

- Altura a la cruz (AL):** Se mide con la ayuda de un hipómetro, que se coloca verticalmente y paralelo al miembro anterior izquierdo, y bajando su brazo horizontal, hasta alcanzar la región de la cruz (17).
- Perímetro torácico (PTm):** Se determina rodeando la cincha del animal con una cinta métrica, que se pasa 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 (17).
- Longitud corporal o escápulo isquial (LCm):** Se midió con la ayuda de dos personas, una ubicada paralelamente a uno de los miembros anteriores del animal, que sostuvo el extremo anterior de la cinta métrica en el encuentro (articulación escapulohumeral), y otra persona que dirigió la cinta en el sentido posterior, hasta alcanzar el punto de mayor convexidad de la nalga (músculo semitendinoso, sobre la punta del isquion) (17).
- Pliegue cutáneo (PCmm):** Se miden los milímetros a nivel del pliegue cutáneo cervical según lo descrito por Keyser y sus colaboradores (18).
- Condición corporal (CC):** Se usa la escala de Henneke y sus colaboradores (19), la cual puntúa de 1 a 9 el porcentaje de grasa corporal.
- Circunferencia de cuello (CCm):** Se estima mediante una cinta métrica, rodeando el cuello del animal a nivel de la vértebra cervical 5 a la 6; su unidad está dada en metros (20).
- Peso con báscula (PB):** Para establecer esta medida, se empleó un báscula de pesaje específico en kg, para el que se obtuvieron los kilogramos de peso vivo del animal al momento del muestreo.
- Ancho escrotal (AE):** Se estima mediante un caliper para equinos, obteniendo una medida en centímetros (ARS reproduction ®).
- Largo del testículo:** Se realiza mediante el uso de un caliper para equinos, obteniendo el largo del testículo izquierdo (LTI) y el largo del testículo derecho (LTD) en centímetros (21).
- Ancho del testículo:** Para ello, se tomó la medida en centímetros del ancho del testículo izquierdo (ATI) y el ancho del testículo derecho (ATD) con un caliper para equinos (21).
- Alto del testículo:** La medida fue dada con un caliper, en cuyo caso, se cuantificó el alto del testículo

- izquierdo (HTI) y el alto del testículo derecho (HTD) en centímetros (21).
12. *Distancia anogenital (DAG)*: Esta medida se consiguió mediante la determinación de la distancia existente entre el esfínter anal y la base del testículo, mediante una cinta métrica, con los valores en centímetros (22).
13. *Ecografía de la grupa (EG)*: Es cuantificada mediante ultrasonido en tiempo real. Su medición se realiza a nivel de la cadera entre la tuberosidad ileal y la isquial, poniendo el transductor en paralelo a la columna vertebral, como lo describe la metodología sugerida por Sakamoto y sus colaboradores (23). Se emplea un ultrasonido doppler color MyLab™ DeltaVET Esaote, con monitor de pantalla ancha LCD de 13,3, y una sonda rectal de aproximadamente 50 mm de largo, con una frecuencia de 5 MHz.
14. *Ecografía de la base de la cola (EC)*: Al igual que con el anterior parámetro, se utilizó un ultrasonido doppler color MyLab™ DeltaVET Esaote, con monitor de pantalla ancha LCD de 13,3, con sonda rectal de aproximadamente 50 mm de largo, empleando una frecuencia de 5 MHz, y ubicando el transductor a nivel de la base de la cola (23).
15. *Relación entre la circunferencia del cuello y la alzada (PCCA)*: Esta relación se estimó mediante la fórmula  $PCCA = CCm/AL$  (17).
16. *Relación entre circunferencia torácica y altura (PPTmA)*: Se calculó de acuerdo con lo presentado por Velásquez Mosquera y sus colaboradores (17),  $PPTmA = PTm/AL$ .
17. *Índice de masa corporal (IMC)*: Se calculó según la fórmula sugerida por Donaldson y sus colaboradores (6), como  $IMC = PB(kg)/AL^2(m^2)$ .
18. *Porcentaje de grasa corporal (PGC)*: Se utilizó la fórmula presentada por Kane y sus colaboradores (23), y Carroll y Huntington (24), donde  $PGC = 2,47 + (5,47 \times EC)$ .
19. *Volumen testicular*: Para la estimación del volumen testicular, tanto izquierdo (VTI) como derecho (VTD), se utilizó la fórmula empírica de Lamber (25),  $VTI = 0,71 \times LTI \times ATI \times HTI$ .
- $$VTD = 0,71 \times LTD \times ATD \times HTD$$
- Posteriormente, se procedió a estimar el volumen total testicular (VTT) de acuerdo con Love y sus colaboradores (21).
- $$VTT = VTI + VTD.$$

## Análisis estadístico

Inicialmente, se realizó una estadística descriptiva para las variables cuantificadas manualmente como AL, PTm, LCm, PCmm, CC, CCm, PB, EG, EC, AE, LTI, ATI, HTI, LTD, ATD, HTD y DA (tabla 3 y 4). Posteriormente, mediante el software R Project (26) con el paquete “ggplot2”, se estimaron y graficaron las correlaciones, mediante el uso de la metodología de Pearson (27), tanto para las variables medidas manualmente, como para las variables estimadas (PCCA, PPTmA, IMC, PGC, VTT). Además, se tuvieron en cuenta la Ra y la E, con el fin de observar el grado de asociación entre las variables morfométricas, el puntaje de condición corporal, el engrasamiento subcutáneo y la biometría testicular.

## RESULTADOS

Las medidas morfométricas analizadas (AL, PTm, LCm, PCmm, CC, CCm, PB, DAG, EG, EC, IMC, VTT, pDSO) se muestran en la tabla 3, en la cual es posible identificar todos los parámetros evaluados en este estudio.

**Tabla 3. Medias, desviación típica, valores mínimos y máximos, para las medidas morfométricas y el espesor de la grasa dorsal, obtenidas mediante ecografía en reproductores equinos, de seis razas pertenecientes al Criadero Mancilla de la Policía Nacional en Facatativá, Cundinamarca**

Característica (Unidades)	n	Media	DT	Mín.	Máx.
Alzada (m)	12	1,675	0,05	1,57	1,74
Perímetro del tórax (m)	12	1,954	0,087	1,83	2,04
Longitud corporal (m)	12	1,710	0,067	1,6359	1,82
Pliegue cutáneo (mm)	12	8,8375	1,1906	7,00	10,00
Condición corporal	12	56,92	1,080,67	4,006,0	7,008,0
Circunferencia del cuello (m)	12	1,231	0,123	1,030	1,402
Peso con bascula (kg)	12	562,7	60,3	492,0	640,0
Espesor de grasa en la cadera (mm)	12	2,3512	0,6692	1,500	4,103,7
Espesor de grasa en la base de la cola (mm)	12	2,549	0,7248	1,680	3,730

\* n (número de ejemplares), DT (desviación típica), mín. (mínimo), máx. (máximo), m (metro), mm (milímetros), kg (kilogramos)

Fuente: elaboración propia

En la tabla 4, es posible visualizar todos los parámetros testiculares evaluados en este trabajo.

**Tabla 4. Medias, desviación típica, valores mínimos y máximos, para las medidas de biometría testicular en reproductores equinos, de seis razas pertenecientes al Criadero Mancilla de la Policía Nacional en Facatativá, Cundinamarca**

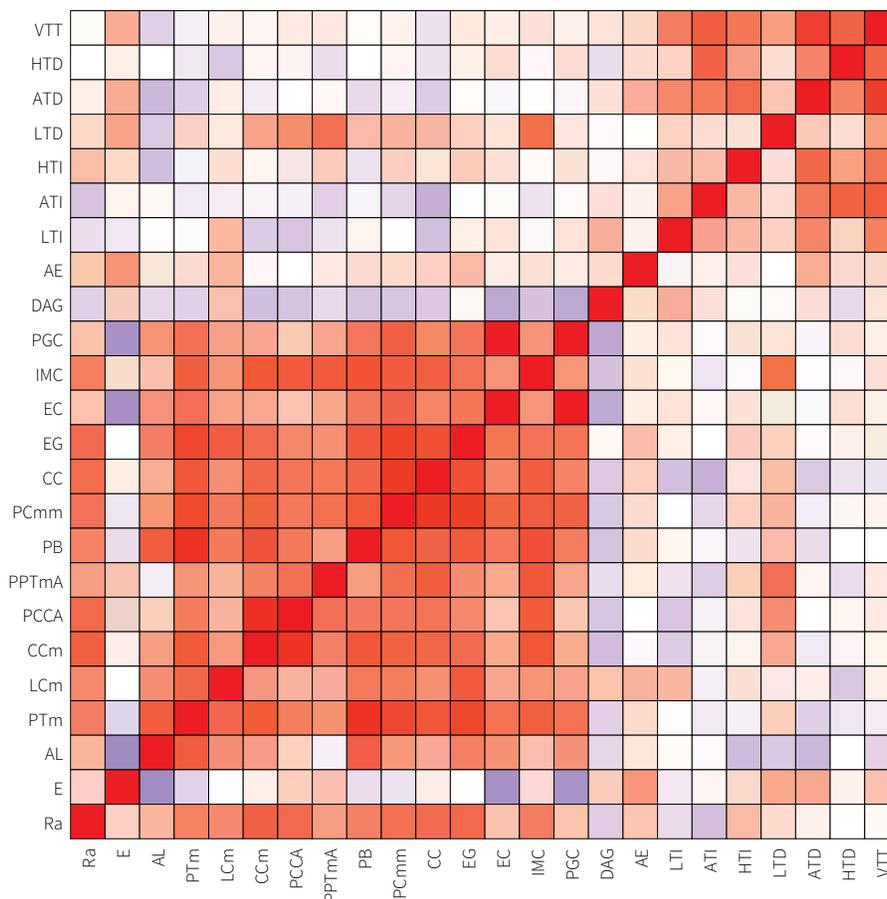
Característica (Unidades)	n	Media	DT	Mín.	Máx.
Ancho escrotal (cm)	12	11,6612,03	0,8796	9,6010,9	13,200
Largo del testículo izquierdo (cm)	12	10,840	0,6478	9,800	12,10
Ancho del testículo izquierdo (cm)	12	6,9711	0,5671	5,106,0	7,620
Alto del testículo izquierdo (cm)	12	7,748,36	0,763	6,307,2	8,4010,0
Largo del testículo derecho (cm)	12	10,3818	1,150,87	8,610	12,00
Ancho del testículo derecho (cm)	12	5,936,53	0,4361	5,006,0	7,30
Alto del testículo derecho (cm)	12	8,8846	0,511,09	7,790	9,4011,2
Distancia anogenital (cm)	12	48,0049,5	3,642,47	41,0045,0	52,00

\* n (número de ejemplares), DT (desviación típica), mín. (mínimo), máx. (máximo), cm (centímetros)

Fuente: elaboración propia

Ya en la figura 1 es posible identificar un mapa en el que se establecen todas las correlaciones que hay entre los parámetros evaluados.

Figura 1. Correlaciones de las medidas morfométricas, la condición corporal y la biometría testicular en reproductores equinos, de seis razas pertenecientes al Criadero Mancilla de la Policía Nacional en Facatativá, Cundinamarca



\* Raza (Ra), edad (E), alzada a la cruz (AL), perímetro torácico (PTm), longitud corporal (LCm), circunferencia del cuello (CCm), relación entre la circunferencia de cuello y la alzada (PCCA), relación entre circunferencia torácica y altura (PPTmA), peso con bascula (PB), pliegue cutáneo (PCmm), condición corporal (CC), ecografía de la grupa (EG), ecografía de la base de la cola (EC), índice de masa corporal (IMC), porcentaje de grasa corporal (PGC), distancia anogenital (DAG), ancho escrotal (AE), largo testicular izquierdo (LTI), ancho testicular izquierdo (ATI), alto testicular izquierdo (HTI), largo testicular derecho (LTD), ancho testicular derecho (ATD), alto testicular derecho (HTD), volumen total testicular (VTT)

Fuente: elaboración propia

## DISCUSIÓN

Las medidas morfométricas analizadas (AL, PTm, LCm, PCmm, CC, CCm, PB, DAG, EG, EC, IMC, VTT, pDSO) mostraron unos valores semejantes a lo presentado en un estudio realizado por Velásquez Mosquera y sus colaboradores (17). Sin embargo, las diferencias encontradas tanto en las variables morfométricas como en las variables de deposición grasa y

puntaje de condición corporal, se atribuyen a tres factores: 1. las distintas razas que fueron empleadas en este estudio (Percherón, Frisón, Silla Francés, Silla Argentina, KWPN, Belga), mientras que en el estudio citado anteriormente, se valoró únicamente la raza Silla Argentina; 2. las edades de los ejemplares, ya que en este estudio tenemos una oscilación entre los 5 a 14 años; y 3. la varianza implícita, debida al muestreo realizado para el estudio (tabla 3).

Inicialmente, se identificaron unas correlaciones altas y positivas, oscilantes entre 0,60 y 0,78 de la Ra, y parámetros morfométricos como LCm, PB, PTm y CCm. Otra relación moderada se presentó con la AL estimada en 0,38 (figura 1). Estos hallazgos son congruentes, ya que la biometría corporal tiene un potencial de diferenciación entre razas (28, 29).

De acuerdo con Giménez (30), los sistemas de estimación para el puntaje de la condición corporal, son métodos útiles para monitorear la adiposidad general en los equinos; sin embargo, son altamente influenciados por el fenotipo y la tendencia a la deposición grasa subcutánea de la raza. Por ello, Quaresma y sus colaboradores (31) priorizan procedimientos más objetivos y cuantitativos, dados con el uso de la ultrasonografía; a pesar de ello, el efecto racial es relevante en estas mediciones. En ese sentido, es coherente encontrar una fuerte asociación positiva entre la Ra y los parámetros de condición corporal como IMC y PCCA (0,64 y 0,74, respectivamente), así como con PCmm (0,71) y EG (0,74) dentro de las mediciones correspondientes a la deposición de grasa subcutánea de los animales (figura 1). Además, se observaron relaciones moderadas, de 0,49 con PPTmA, y de 0,32, tanto con PGC como con EC, lo cual refuerza lo enunciado anteriormente (figura 1).

La biometría corporal, las estimaciones para el puntaje de condición corporal y las medidas de engrasamiento pueden tener influencia de muchos aspectos, como el manejo, la nutrición y la estacionalidad, entre otros (32). Sin embargo, se ratifica que la Ra tiene un efecto importante sobre dichos aspectos (19, 28, 29, 30, 31). Esto hace manifiesta la importancia del registro de estos parámetros para la selección de animales en programas de entrenamiento que cumplan con las funciones estrictas de patrullaje que establece la Policía Nacional mediante sus criterios para este tipo de razas.

Además, se demuestra la interacción mediante la correlación relevante entre las medidas objetivas (31), subjetivas (19) o estimadas (23, 24), para definir la deposición de grasa subcutánea mediante todos los

parámetros de determinación del puntaje de condición corporal (6, 17). En ello radica la importancia que tiene la cantidad de tejido adiposo en el organismo, ya que se convierte en un potencial indicador de las reservas energéticas del animal, de manera que afecta no solo su rendimiento, metabolismo y fisiología como atleta, sino también como futuro reproductor (33, 34, 35, 36). Además, vale la pena analizar que la cantidad de grasa en el caballo es un potente predictor de posibles riesgos de cojeras y síndrome metabólico, enfermedades que pueden perturbar la funcionalidad y la vida reproductiva de los sementales (37). En tanto, el porcentaje de acumulación de grasa en los equinos es en ocasiones variable y fluctúa entre 1,1 y 35,6 %, de acuerdo con lo descrito por la literatura (38, 39, 40). Estas diferencias se le pueden atribuir al régimen nutricional, la actividad atlética y la metodología utilizada para el cálculo del engrasamiento; en ese sentido, se demuestra que para las 6 razas estudiadas, la EC es un excelente predictor de PGC, ya que su correlación fue estimada en 1,0 (figura 1).

Asimismo, la estimación del puntaje de condición corporal a partir de la morfometría es ampliamente utilizada para la vigilancia del engrasamiento (30). Además, estos parámetros tienen un papel relevante en la longevidad funcional, la producción, la salud, la selección y la comercialización de los ejemplares (19, 28, 29, 31). Aquello explica las favorables y elevadas correlaciones existentes entre las medidas biométricas y las medidas asociadas al puntaje de condición corporal (estimadas, subjetivas y objetivas), las cuales fluctúan entre 0,54 y 0,96, lo cual realza nuevamente la significativa importancia de la correlación entre PGC y EC calculada en 1,0 para estas 6 razas (figura 1).

Por su parte, en lo que respecta a la edad (E), esta afecta de manera significativa todas las medidas testiculares. Entre los 2 y los 6 años de edad, no se encuentran diferencias relevantes en el tamaño testicular; sin embargo, estos son menores con respecto a los testículos de un reproductor mayor o igual a los 7 años de edad (45). Lo anterior explica la presencia de una correlación fuerte

y positiva con el AE estimado en 0,54, y otras más leves, con las biometrías testiculares como LTD, ATD y VTT calculadas en 0,45, 0,43 y 0,31, respectivamente.

En tanto, de acuerdo con lo postulado por Hurtgen (41), el ancho escrotal mínimo permitido para un reproductor mayor o igual a los 5 años, debe ser superior a los 10 cm. De tal forma, al contrastar esta información con lo observado en el Criadero Mancilla, se aprecia la existencia de un reproductor de la raza Silla Frances con un valor levemente inferior al sugerido (tabla 4).

De igual manera, en cuanto al largo y ancho testicular, se observa que para el testículo izquierdo los ejemplares muestreados se sitúan dentro de los parámetros manifestados por Hurtgen (41), en cuyo caso, los valores para el largo testicular se esperan estén dentro de 9 y 10 cm, y, para el ancho testicular, entre 5 y 6 cm. Sin embargo, en el valor mínimo observado para el testículo derecho, se presentan 2 sementales con un largo testicular inferior, siendo estos pertenecientes a las razas KWPN y Frisón; mientras tanto, los valores del alto testicular, tanto para el testículo izquierdo como para el derecho, son superiores a lo esperado, pues se espera que las medidas para este parámetro oscilen entre los 5 y los 6,5 cm (tabla 4).

Por otra parte, se ha descrito que el desempeño reproductivo puede llegar a verse afectado o favorecido por las medias del puntaje de condición corporal y de deposición de grasa subcutánea presentadas por un reproductor (28, 29, 31, 42). A pesar de ello, en este estudio no se evidencia una correlación relevante entre estos parámetros y la biometría testicular (figura 1). En tanto, como era de esperarse, se presentan unas correlaciones positivas fuertes y moderadas entre todas las medidas testiculares, fluctuando estas entre 0,35 y 0,91; por ello, estas son utilizadas frecuentemente para la predicción de la producción diaria de espermatozoides, y están correlacionadas positivamente con la determinación de la capacidad reproductiva y funcional de los testículos en los sementales (21, 43, 44) (figura 1).

Además, se confirma que los caracteres esenciales a tener en cuenta en un programa de mejoramiento genético dentro del objetivo de selección funcional, tendrán como uno de los criterios de selección la reproducción. En ese punto, con el fin de determinar la capacidad reproductiva y la funcionalidad testicular de futuros sementales, cobra importancia la biometría testicular, por su alta, positiva y relevante correlación con la producción diaria de espermatozoides (21, 42, 44). Sin embargo, se observa un efecto considerable de la edad de los caballos, y su influencia en el tamaño testicular (45).

Este estudio permite dilucidar que, dentro del mejoramiento genético de futuros reproductores, los caracteres complejos a tener en cuenta son los esqueléticos, el engrasamiento subcutáneo representado por EC, y los aspectos reproductivos. Estos factores juegan un papel importante según las exigencias de patrullaje de la Policía Nacional de Colombia, lo cual supone a futuro unos estudios de asociación del genoma completo, para identificar genes que contribuyan a esta variación.

## CONCLUSIÓN

Los resultados de este estudio permiten definir que la medida ultrasonográfica EC es un predictor importante del nivel de engrasamiento del caballo en las razas de estudio. Dichas métricas pueden ser utilizadas en estudios de morfometría y evaluación clínica de caballos sanos, para establecer su puntaje de condición corporal ideal.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores extienden agradecimientos especiales a Botupharma S.A., Brasil, Rab Global, y Nidacom, por el soporte en la investigación. De igual modo, a la Universidad de La Salle y la Policía Nacional de Colombia, Dicar, Dirección Nacional de Carabineros, Escuela Caballar Mancillas, Facatativá.

## REFERENCIAS

1. Fowler AL, Pyles MB, Bill VT, Hayes SH, Harris PA, Lawrence LM. Relationships between measurements of body fat in thoroughbred horses. *J Equine Vet Sci.* 2020;85: 102873. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2019.102873>
2. El-Maaty AMA, Gamal A, Shaker MH, Ezzo OH. Age-related rump fat, fat percent, body fat mass, leptin, androgens, and semen parameters of Arab stallions. *Asian Pac J Reprod.* 2014;3(3): 184-191. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(14\)60024-5](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60024-5)
3. Chapman SJ. Obesity and the health and welfare of the leisure horse. *Vet Nurs.* 2014;5(2): 94-99. Disponible en: <https://doi.org/10.12968/vetn.2014.5.2.94>
4. 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): 116-120. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)80118-8](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)80118-8)
5. 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): 320-324. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0737-0806\(06\)81345-6](https://doi.org/10.1016/S0737-0806(06)81345-6)
6. 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): 1469-1473. Disponible en: <https://doi.org/10.2460/ajvr.2004.65.1469>
7. Rúa MAS, Quirino CR, Veja WHO, Bartholazzi A, Basto R, Matos LF, et al. Biometric testicular and serum testosterone concentration of Brazilian Ponies stallions. *Rev Bras Saúde Prod Anim.* 2017;18(1): 204-210. Disponible en: <https://doi.org/10.1590/S1519-99402017000100019>
8. Rosedale P, Ricketts S. *Equine stud farm medicine.* 2<sup>a</sup> ed. Londres: Baillière Tindall; 1981. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1981.tb03470.x>
9. Lording P. Erythrocytes. *Vet Clin North Am Equine Pract.* 2008;24(2): 225-237. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cveq.2008.04.002>
10. Lacerda L, Campos R, Sperb M, Soares E, Barbosa P, Godinho E, et al. Hematologic and biochemical parameters in three high performance horse breeds from southern Brazil. *Arch Vet Sci.* 2006;(11): 40-44. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5380/avs.v11i2.6783>
11. Kedzierski W, Bergero D. Comparison of plasma biochemical parameters in Thoroughbred and Purebred Arabian horses during the same-intensity exercise. *Pol J Vet Sci.* 2006;(9): 233-238. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17203741/>
12. Andrews F, Geiser D, White S, Williamson L, Maykuth P, Green E. Haematological and biochemical changes in horses competing in a 3 Star horse trial and 3-day-event. *Equine Vet J Suppl.* 1995;(20): 57-63. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1995.tb05009.x>
13. Craig L, Hintz H, Soderholm L, Shaw K, Schryver H. Changes in blood constituents accompanying exercise in polo horses. *Cornell Vet.* 1985;(75): 297-302. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3921311/>
14. Pérez R, García M, Cabezas I, Guzmán R, Merino V, Valenzuela S, et al. Actividad física y cambios cardiovasculares y bioquímicos del caballo chileno a la competencia de rodeo. *Arch Med Vet.* 1997;29(2): 221-234. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0301-732X1997000200007>
15. Gómez C, Petrón P, Andaur M, Pérez R, Matamoros R. Medición post-ejercicio de variables fisiológicas, hematológicas y bioquímicas en equinos de salto holsteiner. *Rev Cient.* 2004;14(3): 244-253. Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15051>
16. Díaz H, Gavidia C, Li O, Tió A. Valores hematológicos, bilirrubinemia y actividad enzimática sérica en caballos peruanos de paso del valle de Lurín, Lima. *Rev Inv Vet Perú.* 2011;22(3): 213-222. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1609-91172011000300006](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1609-91172011000300006)
17. Velásquez Mosquera JC, Mendoza Sánchez G, Corrales Álvarez JD, Parra Pineda MA, Medina Rodríguez AC, Izquierdo Sánchez CD, et al. 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. Disponible en: <https://doi.org/10.19052/mv.3856>
18. De Keyser K, Peeters LM, Buys N, Janssens S. Assessment of skinfold thickness as a factor related to chronic progressive lymphoedema in Belgian draught

- horses. *Commun Agric Appl Biol Sci*. 2011;76(1): 189-192. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21539228/>
19. 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): 371-372. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1983.tb01826.x>
  20. Zuluaga Cabrera AM, Correa Valencia NMDP. Body fat evaluation in Colombian Paso horses: body condition score and morphometric and ultrasound measurements. *Braz J Vet Res Anim Sci*. 2020;57(4): e171082. Disponible en: <https://doi.org/10.11606/issn.1678-4456.bjvras.2020.171082>
  21. Love CC, García MC, Riera FR, Kenney RM. Evaluation of measures taken by ultrasonography and caliper to estimate testicular volume and predict daily sperm output in the stallion. *J Reprod Fertil Suppl*. 1991;(44): 99-105. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1795307/>
  22. Mogensen DM, Pihl MB, Skakkebaek NE, Andersen HR, Juul A, Kyhl HB, et al. Prenatal exposure to antifungal medication may change anogenital distance in male offspring: a preliminary study. *Environ Health*. 2017;16: 68. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12940-017-0263-z>
  23. Kane RA, Fisher M, Parrett D, Lawrence LM. Estimating fatness in horses. *Proceedings of the 10th Equine Nutrition and Physiology Symposium*. 1987;(127): 31.
  24. Carroll CL, Huntington PJ. Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine Vet J*. 1988;20(1): 41-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01451.x>
  25. Sakamoto H, Saito K, Oohta M, Inoue K, Ogawa Y, Yoshida H. Testicular volume measurement: comparison of ultrasonography, orchidometry, and water displacement. *Urology*. 2007;69(1): 152-157. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.urology.2006.09.012>
  26. R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing; Vienna, Austria. 2017. Disponible en: <https://www.R-project.org/>
  27. Pearson K. Notes on regression and inheritance in the case of two parents. *Proceed Roy Soc Lond*. 1895(58): 240-242. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/115794>
  28. Brooks SA, Makvandi-Nejad S, Chu E, Allen J, Streeter C, Gu E, et al. Morphological variation in the horse: defining complex traits of body size and shape. *Anim Gen*. 2010;41(Suppl2): 159-165. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2052.2010.02127.x>
  29. Pérez-Ruiz M, Tarrat-Martina D, Sánchez-Guerrero MJ, Valera M. Advances in horse morphometric measurements using LiDAR. *Compu Electr Agric*. 2020;174: 105510. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105510>
  30. Martín Giménez T. Estudio epidemiológico de obesidad, desregularización de la insulina y otras variables asociadas con el síndrome metabólico equino en el caballo pura raza español [Tesis doctoral]. Zaragoza: Universidad de Zaragoza; 2016.
  31. Quaresma M, Payan-Carreira R, Silva RS. Relationship between ultrasound measurements of body fat reserves and body condition score in female donkeys. *Vet J*. 2013;197(2): 329-334. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.12.031>
  32. Mottet R, Onan G, Hiney K. Revising the Henneke body condition scoring system: 25 years later. *J Equine Vet Sci*. 2009;(29): 417-418. Disponible en: <https://doi.org/>
  33. Harker IJ, Harris PA, Barfoot CF. The body condition score of leisure horses competing at an unaffiliated championship in the UK. *J Equine Vet Sci*. 2011;(31):253-254. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2009.04.116>
  34. Fonseca RG, Kenny DA, Hill EW, Katz LM. The relationship between body composition, training and race performance in a group of Thoroughbred flat racehorses. *Equine Vet J*. 2013;45(5): 552-557. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/evj.12024>
  35. Morley SA, Murray JA. Effects of body condition score on the reproductive physiology of the broodmare: a review. *J Equine Vet Sci*. 2014;34(7): 842-853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2014.04.001>
  36. Gill JC, Lloyd KE, Bowman M, Siciliano PD, Pratt-Phillips SE. Relationships among digestible energy intake, body weight, and body condition in mature idle

- horses. *J Equine Vet Sci.* 2017;54: 32-36. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2017.02.017>
37. McCue ME, Geor RJ, Schultz N. Equine metabolic syndrome: A complex disease influenced by genetics and the environment. *J Equine Vet Sci.* 2015;35(5): 367-375. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jevs.2015.03.004>
38. Gunn HM. Muscle, bone and fat proportions and the muscle distribution of Thoroughbreds and other horses. En: Gillespie JN, Robinson NE (eds.), *Equine exercise physiology 2. Proceedings of 2<sup>nd</sup> International Conference on Equine Exercise Physiology.* Davis, USA: ICEEP Publications; 1987. p. 253-264. Disponible en: <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01512.x>
39. Dugdale AHA, Grove-White D, Curtis GC, Harris PA, McG Argo C. Body condition scoring as a predictor of body fat in horses and ponies. *Vet J.* 2012;194(2): 173-178. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.tvjl.2012.03.024>
40. Burrows AM. Relationship between live body condition score and internal kidney, pelvic, and heart fat measurements in equine carcasses [Tesis de maestría]. Texas: West Texas A&M University, Canyon, USA; 2017. Disponible en: <https://wtamu-ir.tdl.org/handle/11310/109>
41. Hurtgen JP. Evaluation of the stallion for breeding soundness. *Vet Clin Nor Am Equi Pract.* 1992;8(1): 149-165. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S0749-0739\(17\)30472-8](https://doi.org/10.1016/S0749-0739(17)30472-8)
42. Vecchi I, Sabbioni A, Bigliardi E, Morini G, Ferrari L, Di Ciommo F, et al. Relationship between body fat and body condition score and their effects on estrous cycles of the Standardbred maiden mare. *Vet Res Commun.* 2010;34(Suppl 1): S41-45. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11259-010-9407-0>
43. Love CC, García MC, Riera FR, Kenney RM. Use of testicular volume to predict daily sperm output in the stallion. *Proc Am Assoc Eq Pract.* 1990;(36):15-21. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US9301155>
44. Pricking S, Bollwein H, Spilker K, Martinsson G, Schweizer A, Thomas S, et al. Testicular volumetry and prediction of daily sperm output in stallions by orchidometry and two- and three-dimensional sonography. *Theriogenology.* 2017;(104): 149-155. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2017.08.015>
45. Thompson DL, Pickett BW, Squires EL, Amann RP. Testicular measurements and reproductive characteristics in stallions. *J Reprod Fertil Suppl.* 1979;(27): 13-17. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/289781/>