

Estandarización de las medidas hipométricas del Caballo Costarricense de Paso

Standardization of hypometric measurements of the Costa Rican Paso Horse

Estandarização das medidas hipométricas do Cavalo Costarriquenho de Passo

Jose David Solano Ocampo^{✉1} y Lucía Isabel López Umaña²

- 1 Universidad Técnica Nacional, Licenciatura en Medicina Veterinaria, sede de Atenas, 20507, Costa Rica, josolanoo@est.utn.ac.cr, [id https://orcid.org/0009-0007-4014-0410](https://orcid.org/0009-0007-4014-0410)
- 2 Universidad Técnica Nacional, Unidad de Ciencias Básicas, sede de Atenas, 20507, Costa Rica, llopez@utn.ac.cr, [id https://orcid.org/0000-0002-0120-7981](https://orcid.org/0000-0002-0120-7981)

Recibido: 19 de mayo de 2025 **Corregido:** 3 de octubre de 2025 **Aceptado:** 3 de noviembre de 2025

Resumen

Este estudio tuvo como objetivo establecer por primera vez los estándares hipométricos oficiales del Caballo Costarricense de Paso (CCP), raza que carece de parámetros morfométricos estandarizados para su evaluación objetiva. Se analizaron 126 ejemplares registrados en ASCACOPA (51 machos, 75 hembras, edades entre 0.5 meses y 10 años, condición corporal promedio 7) mediante muestreo por conveniencia. Se evaluaron 22 variables hipométricas con mediciones directas y análisis fotográfico. El análisis estadístico comprendió una fase descriptiva para establecer estándares raciales; ANOVA de Welch para patrones de crecimiento por sexo y edad, y pruebas t de Student para comparación temporal con datos de 2015. Las hembras mostraron crecimiento más acelerado que los machos en la transición potro-joven. El análisis temporal reveló mejoras morfológicas significativas (2015-2024): incrementos en largo de cabeza (2.06-2.35 cm), perímetro torácico (13.04-18.46 cm) y largo de grupa (hasta 7.41 cm), especialmente en grupos jóvenes. Este estudio proporciona los primeros parámetros hipométricos estandarizados para el CCP y ofrece herramientas objetivas para su evaluación, selección y mejoramiento genético. Los resultados evidencian el progreso morfológico de la raza, atribuible a la crianza selectiva y mejoras en el manejo.

Palabras clave: Morfometría, Caballo Costarricense de Paso, Equinos, Caracterización racial, Costa Rica.

Abstract

This study aimed to establish, for the first time, official hypometric standards for the Costa Rican Paso Horse (CCP in Spanish), a breed that lacks standardized morphometric parameters for an objective evaluation. A total of 126 specimens registered with ASCACOPA (51 males, 75 females, ages ranging from 0.5 months to 10 years, average body condition score 7) were analyzed using convenience sampling. A total of 22 hypometric variables were evaluated using direct measurements and photographic analysis. Statistical analysis included a descriptive phase to establish breed standards: Welch's ANOVA for growth patterns by sex and age, and Student's t-tests for temporal comparisons with 2015 data. Females showed

✉ Correo de correspondencia: josolanoo@est.utn.ac.cr



more accelerated growth than males in the foal-to-youngster transition. The temporal analysis revealed significant morphological improvements (2015-2024): increases in head length (2.06-2.35 cm), heart girth (13.04-18.46 cm), and length of croup (up to 7.41 cm), particularly in younger groups. This study provides the first standardized hypometric parameters for the CCP, offering objective tools for its evaluation, selection, and genetic improvement. The results demonstrate the breed's morphological progress, attributable to selective breeding and management improvements.

Keywords: Morphometry, Costa Rican Paso Horse, Equines, Racial characterization, Costa Rica.

Resumo

Este estudo teve como objetivo estabelecer pela primeira vez os padrões hipométricos oficiais do Cavallo Costarricense de Paso (CCP), raça que carece de parâmetros morfométricos padronizados para sua avaliação objetiva. Foram analisados 126 exemplares registrados na ASCACOPA (51 machos, 75 fêmeas, idades entre 0,5 meses e 10 anos, condição corporal média 7) mediante amostragem por conveniência. Avaliaram-se 22 variáveis hipométricas utilizando medições diretas e análise fotográfica. A análise estatística compreendeu uma fase descritiva para estabelecer os padrões raciais; ANOVA de Welch para padrões de crescimento por sexo e idade, e testes t de Student para comparação temporal com dados de 2015. As fêmeas mostraram crescimento mais acelerado que os machos na transição potro-jovem. A análise temporal revelou melhorias morfológicas significativas (2015–2024): incrementos no comprimento da cabeça (2,06–2,35 cm), perímetro torácico (13,04–18,46 cm) e comprimento da garupa (até 7,41 cm), especialmente em grupos jovens. Este estudo fornece os primeiros parâmetros hipométricos padronizados para o CCP, oferecendo ferramentas objetivas para sua avaliação, seleção e melhoramento genético. Os resultados evidenciam o progresso morfológico da raça, atribuível à criação seletiva e às melhorias no manejo.

Palavras-chave: Morfometria, Cavallo Costarricense de Paso, Equinos, Caracterização Racial, Costa Rica.

Introducción

El Caballo Costarricense de Paso (CCP) es una raza que se originó a comienzos del siglo XX mediante la combinación de las razas peruana y la pura raza española (Solano & WingChing, 2018). En 1994, el Sistema Costarricense de Información Jurídica declaró oficialmente al CCP como la raza nacional de Costa Rica a través del Decreto Ejecutivo N.º 23213-MAG (Carazo, 2023). Esta raza destaca por su elegancia, temperamento y características distintivas, como su silla y su estilo de trote suave, conocido como “pasitrote” (ASCACOPA, 2019). El pasitrote, caracterizado por su suavidad y armonía, incluye movimientos con flexiones altas en las paletas y los corvejones (ASCACOPA, 1990), lo que lo hace ideal para exhibiciones.

Estas peculiaridades han permitido que el CCP sea ampliamente reconocido no solo en Costa Rica, sino también en otros países de la región como Nicaragua, El Salvador y México, donde su crianza ha cobrado relevancia (ASCACOPA, 2024). Este caballo es reconocido por su encanto, resistencia y refinamiento en sus movimientos (ASCACOPA, 2024). Sin embargo, a pesar de estas cualidades destacadas, la raza carece de una estandarización oficial de sus medidas hipométricas, lo que dificulta su evaluación y selección objetiva. En 2015 se realizó un intento preliminar de estandarización de las medidas hipométricas del CCP. Dicho trabajo no fue publicado formalmente ni permitió establecer parámetros concluyentes para la raza; sin embargo, los datos fueron referidos por Castañeda (2015).



En general, las medidas hipométricas son herramientas esenciales para establecer patrones de raza en los equinos, ya que permiten evaluar sus características físicas de manera uniforme (Morón et al., 2018). La ausencia de un estándar definido para el CCP limita la posibilidad de realizar un juzgamiento objetivo y fundamentado. Es primordial contar con un estándar que combine tanto descripciones cualitativas como criterios cuantitativos para el juzgamiento de los caballos (Barrantes et al., 2009). Estudios previos (e.g. Fonseca et al., 2016; Padilha et al., 2017) han aplicado medidas hipométricas en diferentes razas de caballos y otros equinos para su caracterización morfológica.

En este contexto, el presente estudio busca determinar la estandarización de las medidas hipométricas del CCP, con el objetivo de proporcionar herramientas objetivas que permitan optimizar su selección y evaluación. Además, se propone comparar los resultados del estudio actual con los obtenidos en el estudio realizado en 2015, el cual evaluó las características hipométricas del CCP. Esta comparación permite analizar los cambios morfológicos ocurridos en la raza durante el periodo 2015-2024, al considerar el impacto de la crianza selectiva, el manejo y la mejora genética. El trabajo pretende contribuir a establecer un estándar uniforme que a la vez permita a los criadores y jueces contar con una referencia clara y precisa, de tal manera que promueva un proceso de selección más eficiente y fundamentado, acorde con las características únicas de la raza.

Materiales y métodos

Se midieron y estudiaron 126 Caballos Costarricenses de Paso con registro genealógico. Se evaluaron 51 machos y 75 hembras de diferentes grupos etarios (potros, jóvenes y adultos) con edades entre 0.5 meses y 10 años. El muestreo se realizó con una manipulación cuidadosa en un área amplia, limpia e iluminada, lo que garantizó la estabilidad de los equinos y el cumplimiento de los códigos de bienestar animal. Se realizó el cálculo del tamaño de la muestra con WinEpi®, a partir de una población de 3 000 caballos registrados (ASCACOPA, 2024), con un nivel de confianza del 95 % y un error del 5 %, durante la Expo Liberia 2024 en la Región Chorotega, con caballos provenientes de San José, Alajuela, Cartago y Puntarenas, así como en fincas de Guanacaste y el Valle Central, principalmente en Alajuela (Grecia, San Carlos y Zarcero), pertenecientes a criadores de la raza.

Medidas hipométricas

Se tuvieron en cuenta para el presente estudio las medidas hipométricas definidas a continuación:

- a. Largo de cabeza. Línea entre el punto medio y final de la línea media superior en la cresta occipital y el siguiente punto medio extremo en los labios superiores. (Barrantes et al., 2009).
- b. Largo de Cuello. Desde la base del cráneo hasta la base del cuello (Llamas, 2012a).
- c. Altura a la cruz. Longitud entre 2 puntos, la T5 y el suelo en el que el animal tiene su apoyo (Peña et al., 2009).
- d. Altura a la grupa. Longitud entre el segmento que se encuentra entre la parte más dorsal de la apófisis espinosa de la última vértebra lumbosacra, y la superficie donde apoya sus aplomos (Peña et al., 2009).
- e. Altura subesternal. Distancia entre el esternón y el suelo (Ruffner, 2008).
- f. Longitud de cuerpo. Medición paralela a la articulación escapulohumeral como primer punto y como punto final hasta alcanzar el músculo semitendinoso (Velásquez et al., 2016).



- g. Perímetro Torácico. Longitud con una cinta que se pasa por detrás de la cruz del caballo, descendiendo por los planos costales inmediatamente detrás de los codos, y terminando la circunferencia en la zona inferior del tórax (Pérez et al., 1993).
- h. Ancho de Pecho. Segmento de unión entre los puntos más craneales y laterales de ambas articulaciones escapulohumeral (Barrantes et al., 2009).
- i. Largo de grupa. Se ubica anatómicamente entre el lomo y la cola, y desde un punto de vista lateral por las ancas (Llamas, 2012b).
- j. Longitud de Dorso-Lomo. Inicia en la cruz y termina en la unión sacroilíaca (Groupe France Elevage, 2019).
- k. Perímetro metacarpo. Se toma su circunferencia en la parte media de los metacarpos de los miembros anteriores (Pérez et al., 1993).
- l. Longitud del metacarpo y del metatarso. Distancia entre la articulación del carpo a la articulación metacarpo falángica. La longitud del metatarso es desde la articulación del tarso a la articulación metatarso falángica (Castañeda, 2015).
- m. Perímetro metatarso. Medición en la región metatarsiana en el tercio medio de los metatarsos (Peña et al., 2009).
- n. Perímetro del corvejón. Perímetro máximo dentro de los planos transversales del tarso (Peña et al., 2009).
- o. Profundidad del corvejón. Distancia transversal de la articulación del tarso (Castañeda, 2015).
- p. Largo de cuartillas. La medición es mediante una línea vertical en el antebrazo de dorsal a ventral (Sáenz, 2008).
- q. Ángulo de la espalda (escápula). Región que tiene como base la escápula y el cartílago escapular, que une la cruz (Llamas, 2012b; Crolle, 2019).
- r. Ángulo del corvejón. Ángulo formado por la intersección de los ejes de la tibia-peroné y el hueso metatarsiano (Barrantes et al., 2009).
- s. Ángulo de cuartillas. - Representa una línea imaginaria que pasa por el centro y divide la primera y segunda falange, en partes iguales para los dos sentidos (Olmedo, 2014).

Para la toma de medidas se utilizó una cinta métrica de nylon, una forcípula y una cámara fotográfica. La angulación se realizó por medio del programa Angle Meter 360®.

Análisis estadístico

El análisis de datos se realizó con el software R (v4.4.0). Para estandarizar las medidas hipométricas, se calculó la media y la desviación estándar (SD). Se corrigieron las discrepancias atribuidas a la variabilidad extrema mediante interpolación lineal. Se evaluaron los patrones de crecimiento y las diferencias estadísticas con una ANOVA de Welch y comparaciones post hoc (Wilcoxon con ajuste de Bonferroni). La comparación con el estudio de 2015 se realizó mediante pruebas de t de Student para muestras independientes, con base en variables seleccionadas por su distribución homogénea. Se excluyeron los valores extremos para garantizar la validez del análisis. Además, se calcularon diferencias observadas entre las medias obtenidas en este estudio y las del estudio de 2015, así como los valores de t y p, e intervalos de confianza al 95 % según sexo y edad.



Resultados

Se determinó un crecimiento progresivo en las medidas hipométricas de los potros del CCP durante todas las etapas de desarrollo (0-23 meses), con diferencias sutiles entre sexos. Las hembras registraron un largo de cabeza promedio de 39.7 cm en el grupo de 0-5 meses, hasta 52.7 cm en 12-23 meses, mientras que los machos alcanzaron valores similares con un promedio final de 52.0 cm (Cuadro 1). En cuanto, a la altura a la cruz, los machos fueron consistentemente más altos y llegaron a 138 cm frente a 136 cm en hembras al cierre del periodo. Asimismo, observamos una mayor robustez en el perímetro torácico de las hembras (161 cm en 12-23 meses) respecto a los machos (156 cm), lo que evidencia un desarrollo balanceado, pero con variaciones específicas por sexo (Cuadro 1).

Cuadro 1. Valores promedio y desviaciones estándar de las medidas hipométricas en potros (0-23 meses) del Caballo de Paso Costarricense (H = hembra, M = machos) para la evaluación de la raza en Costa Rica 2024

Medida Hipométrica	0-5 meses		6-11 meses		12-23 meses	
	H (cm)	M (cm)	H (cm)	M (cm)	H (cm)	M (cm)
	3	17	5	7	20	9
Medidas de cabeza y cuello						
Largo de cabeza	39,7±1,52	40,5±3,61	46,0±4,10	48,0±5,69	52,7±5,21	52,0±4,61
Largo de cuello	34,0±1,0	35,8±4,6	39,2±5,71	42,0±4,98	45,5±6,58	42,6±3,81
Medidas corporales						
Altura a la cruz	103,9±5,98	110,3±12,85	127,4±7,21	132,8±5,25	136,0±3,86	138,0±7,14
Altura a la grupa	109,4±10,05	114,3±13,84	131,9±7,55	137,9±5,45	141,4±3,94	143,1±4,23
Altura subesternal	61,3±0,60	64,8±6,96	67,5±3,80	72,3±4,25	74,1±4,64	72,7±4,50
Perímetro torácico	108,7±8,5	110,3±17,07	135,2±17,72	145,8±10,96	161,0±11,3	156,2±15,1
Ancho de pecho	15,1±1,03	14,5±2,78	16,5±3,50	18,7±2,44	19,5±2,99	19,3±3,16
Longitud del cuerpo	105,3±15,95	105,1±18,25	130,3±8,04	132,3±8,26	143,1±8,02	147,7±7,19
Longitud dorsolomo	51,0±5,29	51,3±7,10	62,2±5,88	65,7±6,09	71,9±4,31	66,6±4,25
Largo de la grupa	24,0±5,29	26,4±5,32	33,7±2,58	34,0±3,03	35,7±4,96	35,3±3,94
Medidas de extremidades						
Perímetro del carpo	23,3±3,06	24,1±1,75	26,0±1,10	26,2±0,98	26,8±1,33	26,9±2,10
Profundidad del carpo	11,3±0,58	11,1±1,18	12,8±1,17	12,2±0,75	12,8±1,50	12,9±1,36
Perímetro del metacarpo	13,3±0,58	12,9±2,20	16,2±2,89	15,7±0,61	16,8±1,83	17,1±0,81
Longitud del metacarpo	17,0±2,65	15,1±1,43	17,3±1,03	17,7±0,82	18,1±2,59	17,8±2,68
Largo de las cuartillas	8,7±1,53	8,2±1,42	10,3±0,82	10,8±1,72	10,8±1,22	11,0±1,22
Perímetro del corvejón	30,7±1,15	30,8±3,96	32,4±1,53	33,1±2,72	34,9±2,83	34,6±3,71
Profundidad del corvejón	13,7±0,58	13,6±1,79	15,0±1,26	16,2±0,75	16,5±1,29	16,3±1,66
Perímetro del metatarso	15,3±1,53	14,3±1,57	16,2±0,88	17,5±1,52	18,7±2,33	18,2±1,20
Longitud del metatarso	20,7±1,53	19,9± 3,18	22,2±2,14	24,1±1,17	23,6±1,86	24,1±2,26
Angulaciones corporales						
Ángulo de la espalda	56,3±5,69	51,4±5,39	53±6,81	56±3,74	55,3±4,70	52,9±4,48
Ángulo del corvejón	127±2,65	132,2±3,20	130,3±4,76	130,3±4,76	130±4,19	131±4,19
Ángulo de cuartillas	50,7±5,51	55,4±4,16	55,7±3,56	55,7±5,47	53,2±4,31	56,7±3,50

Nota: La cifra que aparece debajo de las unidades de medida (cm) indica el número de animales incluidos en cada grupo, clasificados por edad y sexo.



En el Cuadro 2 se presentan los valores promedio y desviaciones estándar de las medidas hipométricas por grupos etarios y sexo (2–5 y 5–10 años; hembras y machos). Se observaron reducciones aparentes en algunas medidas de hembras adultas respecto al grupo más joven, como la altura a la cruz (2–5 años: $143\pm 3,48$ cm; 5–10 años: $140,65\pm 5,77$ cm), altura a la grupa y altura subesternal. Estas reducciones, biológicamente atípicas, se atribuyen a limitaciones del muestreo por conveniencia y posible falta de representatividad en el grupo de hembras de 5–10 años, más que a una disminución real con la edad. Los análisis estadísticos confirman que la mayoría de las variables presentan el patrón esperado de incrementos entre grupos etarios, con lo cual evidencian un crecimiento morfológico general en la población evaluada. Las variables que mostraron incrementos estadísticamente significativos ($p < 0,05$) incluyen: perímetro torácico, largo de la grupa, perímetro del metacarpo, profundidad del corvejón y ángulo del corvejón (ver Cuadro 2, valor p). Todos los valores p , significativos o no, se incluyen en el cuadro.

Cuadro 2. Valores promedio y desviaciones estándar de las medidas hipométricas en jóvenes y adultos (2-10 años) del Caballo de Paso Costarricense (H= hembras, M= machos) para la evaluación de la raza en Costa Rica 2024

Medida Hipométrica	2-5 años		p	5-10 años		p
	H (cm)	M (cm)		H (cm)	M (cm)	
	27	12		20	6	
Medidas de cabeza y cuello						
Largo de cabeza	53,8±4,46	53,1±3,03	0.572	52,77±4,82	55,66±5,35	0.271
Largo de cuello	44,1±6,52	42,5±4,19	0.366	44,9±3,92	44,0±6,41	0.755
Medidas corporales						
Altura a la cruz	143±3,48	143±3,43	1.000	140,65±5,77	143,72±3,97	0.164
Altura a la grupa	147±3,32	146±2,34	0.291	144,40±4,80	146,77±2,15	0.103
Altura subesternal	75,9±5,77	74,6±6,21	0.545	71,54±5,47	71,84±7,08	0.927
Perímetro torácico	171±7,54	170±10,7	0,773	171,22±7,18	176,83±2,04	0,005
Ancho de pecho	20,9±2,84	20,0±3,94	0,486	20,78±2,23	21,85±1,86	0,267
Longitud del cuerpo	151±6,16	149±3,58	0,212	156,40±5,35	147,5±11,39	0,113
Longitud dorsolomo	73,3±3,53	72,3±4,44	0,441	75,04±5,40	71,3±3,93	0,138
Largo de la grupa	37,3±4,37	36,8±4,35	0,742	34,68±4,72	39,6±2,06	0,008
Medidas de extremidades						
Perímetro del carpo	27,5±2,20	28,9±1,46	0,080	27,06±3,53	29,33±0,51	0,070
Profundidad del carpo	12,7±0,82	13,5±1,09	0,083	12,54±1,01	13,5±0,54	0,086
Perímetro del metacarpo	16,2±0,96	17,1±1,11	0,043	16,65±0,58	17,91±0,91	0,009
Longitud del metacarpo	18,1±2,11	18,3±2,61	0,833	16,86±1,39	19,33±1,86	0,010
Largo de las cuartillas	11,1±1,73	11,6±1,0	0,439	10,61±0,78	11,08±1,42	0,529
Perímetro del corvejón	35,6±3,27	37,4±1,54	0,079	34,61±1,34	36,75±0,52	0,002
Profundidad del corvejón	15,5±1,04	16,8±1,03	0,006	15,61±0,84	15,66±0,51	0,920
Perímetro del metatarso	18,7±0,93	18,8±1,03	0,808	18,45±1,06	19,75±0,41	0,016
Longitud del metatarso	23,2±2,81	21,9±1,62	0,150	21,45±1,89	24,16±3,54	0,091
Angulaciones corporales						
Ángulo de la espalda	55,0±3,25	54,1±4,10	0,526	54,5 ±3,8	58,83±6,36	0,097
Ángulo del corvejón	130±3,68	133±3,87	0,037	133,1± 3,15	132,16±4,99	0,591
Ángulo de cuartillas	54,8±5,28	53,9±4,54	0,550	54,5± 3,87	55,5±6,53	0,657

Nota: La cifra que aparece debajo de las unidades de medida (cm) indica el número de animales incluidos en cada grupo, clasificados por edad y sexo. p : valor de significancia para la comparación entre hembras y machos dentro de cada grupo etario.

Algunas de las variables hipométricas analizadas en función del sexo y el grupo etario resultaron estadísticamente diferentes (Cuadro 3). Entre estas variables destacan la longitud de la cabeza ($p < 0,001$), altura a la cruz ($p < 0,001$), perímetro torácico ($p < 0,001$), longitud corporal ($p < 0,001$) y perímetro del metacarpo ($p < 0,001$) (Cuadro 3).

Además, otras variables como la altura a la grupa ($p < 0,001$), la longitud del dorsolomo ($p < 0,001$) y el perímetro del metatarso ($p < 0,001$), también resultaron estadísticamente diferentes, lo que indica la variabilidad en regiones específicas del cuerpo. Por otro lado, ciertas medidas, como el ángulo de la espalda ($p = 0,218$) y el ángulo de cuartillas ($p = 0,448$), no mostraron diferencias significativas, lo que sugiere una menor influencia de estos parámetros respecto al sexo y la edad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores del estadístico F para la comparación de medidas hipométricas según grupo etario y sexo en el Caballo de Paso Costarricense en Costa Rica 2024

Medida hipométrica	F	df (num/dem)	Valor de p
Medidas de cabeza y cuello			
Longitud de cabeza	8,34	5, 34.21	< 0,001
Longitud de cuello	4,71	5, 32.98	0,0023
Medidas corporales			
Altura a la cruz	14,84	5, 35.37	< 0,001
Altura a la grupa	12,81	5, 39.54	< 0,001
Altura subesternal	4,29	5, 32.84	0,004
Perímetro torácico	28,42	5, 47.37	< 0,001
Ancho de pecho	8,55	5, 33.77	< 0,001
Longitud de cuerpo	19,36	5, 34.34	< 0,001
Longitud de dorsolomo	15,78	5, 34.74	< 0,001
Largo de la grupa	10,22	5, 38.87	< 0,001
Medidas de extremidades			
Perímetro del carpo	24,35	5, 44.36	< 0,001
Profundidad del carpo	6,32	5, 36.73	< 0,001
Perímetro del metacarpo	7,57	5, 33.3	< 0,001
Longitud del metacarpo	4,35	5, 32.79	0,0037
Largo de cuartillas	4,48	5, 33.26	0,0031
Perímetro del corvejón	13,88	5, 45.82	< 0,001
Profundidad del corvejón	3,96	5, 38.50	0,0053
Perímetro del metatarso	16,28	5, 42.26	< 0,001
Longitud del metatarso	2,50	5, 32.90	0,049
Medidas de angulaciones			
Ángulo de la espalda	1,49	5, 32.36	0,21
Ángulo del corvejón	2,67	5, 32.15	0,039
Ángulo de cuartillas	0,97	5, 31.92	0,448

Nota: df (num/dem) representa los grados de libertad del numerador (num) y el denominador (dem) en el análisis estadístico. El numerador corresponde a los grados de libertad asociados a la variable independiente, mientras que el denominador se refiere a los grados de libertad del error o la varianza residual (Field, 2013).



Para identificar diferencias específicas entre grupos, se realizaron comparaciones post hoc mediante pruebas de Wilcoxon con ajuste de Bonferroni para todas las 22 variables hipométricas analizadas. El análisis reveló que solo seis variables mostraron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) entre grupos específicos de edad y sexo, mientras que las 16 variables restantes no presentaron diferencias significativas. En el Cuadro 4 se presentan estas comparaciones significativas, las cuales evidencian patrones de crecimiento específicos con diferencias particulares entre machos potros y jóvenes, así como entre hembras en las diferentes etapas de desarrollo (potras, jóvenes y adultas).

Cuadro 4. Comparaciones estadísticamente significativas post hoc del ANOVA de Welch para las variables hipométricas medidas en el Caballo de Paso Costarricense para la evaluación de la raza en Costa Rica 2024

Medida hipométrica	Comparación	p	Interpretación
Longitud de dorsolomo	Potros vs. potras	<0,001	Los potros tienen una longitud de dorsolomo mayor
	Potros vs. hembras jóvenes	<0,001	Los potros tienen una longitud de dorsolomo mayor
Perímetro del carpo	Hembras jóvenes vs. potros	0,0061	Los potros tienen un perímetro del carpo menor
Longitud del metacarpo	Hembras jóvenes vs. potros	0,031	Los potros tienen una longitud del metacarpo menor
Largo de cuartillas	Potros vs. hembras jóvenes	0,031	Los potros tienen un largo de cuartillas menor
	Machos jóvenes vs. hembras jóvenes	<0,001	Los machos jóvenes tienen un perímetro del metatarso mayor
Ángulo del corvejón	Machos jóvenes vs. hembras adultas	0,017	Los machos jóvenes tienen un ángulo del corvejón mayor
	Potros vs. hembras adultas	0,016	Los potros tienen un ángulo del corvejón mayor

En los resultados del análisis inferencial, hay diferencias significativas entre las medidas tomadas en el 2015 en comparación con las medidas tomadas en el 2024. En el grupo etario de 0-6 meses, el largo de cabeza aumentó en 0.58 cm, lo que resultó en una diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 5). En el Cuadro 5, en cuanto al perímetro torácico, se observa un incremento notable en todos los grupos etarios lo que destaca un aumento de +5,90 cm en el grupo de 6-12 meses y de +16,37 cm en el grupo de 12-24 meses. Ello indica una mejora en las dimensiones corporales de las hembras en 2024, lo que podría reflejar avances en el crecimiento durante las primeras etapas de vida (Cuadro 5).

En el Cuadro 6 en el caso de los machos, los resultados también revelan diferencias significativas en las mediciones entre 2015 y 2024. El largo de la cabeza denotó un aumento de +2.06 cm en el grupo de 12-24 meses y de +2.35 cm en el grupo de 5-7 años (Cuadro 5), lo que sugiere un crecimiento continuo en estas edades. Además, en el Cuadro 6, el perímetro torácico tuvo un aumento significativo en todos los grupos etarios, con un aumento de +13.04 cm en el grupo de 6-12 meses y +13.50 cm en el grupo de 2-5 años. Estos



resultados subrayan un desarrollo corporal más robusto en los machos en comparación con años anteriores y reflejan una tendencia positiva en el crecimiento morfológico del CCP.

Cuadro 5. Resultados del análisis inferencial en las medidas de las hembras entre el 2015 y el 2024 del Caballo de Paso Costarricense para la evaluación de la raza en Costa Rica

Medida hipométrica	Grupo etario	Diferencia observada	t	p	IC 95%
Largo de cabeza	0-6m	+0.58	-2.91	0.004	[-0.97 cm, -0.19 cm]
	12-24m	+1.57	-2.15	0.032	[-3.00 cm, -0.13 cm]
Perímetro torácico	6-12m	+5.90	-8.49	<0.001	[-7.27 cm, -4.53 cm]
	12-24m	+16.37	-11.07	<0.001	[-19.29 cm, -13.46 cm]
	2-5 años	+10.57	-11.55	<0.001	[-12.37 cm, -8.77 cm]
	5-7 años	+5.66	-4.06	<0.001	[-8.41 cm, -2.92 cm]
	7-10 años	+7.27	-14.40	<0.001	[-8.26 cm, -6.27 cm]
Altura a la cruz	6-12 m	-	-1.08	0.28	-
Longitud de dorsolomo	6-12 m	+3.22	-3.98	< 0.001	[-4.81 cm, -1.62 cm]
	12-24m	+4.16	-8.10	< 0.001	[-5.17 cm, -3.15 cm]
	5-7 años	-	-1.69	0.092	-
Largo de grupa	5-7 años	+1.84	-3.25	0.001	[-2.96 cm, -0.72 cm]
	7-10 años	+2.25	-4.38	< 0.001	[-3.26 cm, -1.24 cm]

Cuadro 6. Resultados del análisis inferencial en machos entre el 2015 y el 2024 del Caballo de Paso Costarricense para la evaluación de la raza en Costa Rica

Medida hipométrica	Grupo etario	Diferencia observada	t	p	IC 95 %
Largo de cabeza	12-24m	+2.06	-2.94	0.004	[-3.62 cm, -0.50 cm]
	5-7 años	+2.35	-6.91	<0.001	[-2.99 cm, -1.72 cm]
Perímetro torácico	6-12m	+13.04	-8.68	<0.001	[-14.83 cm, -11.25 cm]
	12-24m	+18.46	-9.72	<0.001	[-20.15 cm, -16.77 cm]
	2-5 años	+13.50	-9.30	<0.001	[-14.87 cm, -12.13 cm]
	7-10 años	+15.11	-43.20	<0.001	[-15.80 cm, -14.42 cm]
Altura a la cruz	6-12 m	-	-1.61	0.11	-
	12-24m	+1.76	-3.16	0.0018	[-3.11 cm, -0.42 cm]
Largo de grupa	5-7 años	+7.41	-53.35	<0.001	[-8.14 cm, -6.69 cm]
	7-10 años	+3.91	-29.99	< 0.001	[-4.45 cm, -3.37 cm]
Altura a la grupa	6-12 m	+6.10	-8.44	< 0.001	[-7.18 cm, -5.02 cm]
	12-24 m	-	0.07	0.95	-
	7-10 años	+3.30	-8.04	< 0.001	[-4.02 cm, -2.58 cm]



El análisis inferencial mostró incrementos estadísticamente significativos en el desarrollo morfológico de la raza entre 2015 y 2024. Por ejemplo, el largo de cabeza aumentó entre 2.06 y 2.35 cm en potros y adultos ($p = 0.004$ y $p < 0.001$, respectivamente), el perímetro torácico registró incrementos de 13.04 ($p < 0.001$) a 18.46 cm ($p < 0.001$) en los grupos más jóvenes, 6 a 12 meses y 12 a 24 meses; asimismo el largo de grupa se incrementó hasta 7.41 cm en machos de 5 a 7 años ($p < 0.001$).

Discusión

En el Cuadro 1 se logró determinar un incremento en las medidas hipométricas con la edad del CCP, lo cual sigue el patrón de crecimiento esperado. Los caballos de 0-5 meses midieron significativamente menos en comparación con los de 6-12 y 12-23 meses, lo que evidencia una fase de aceleración del crecimiento en los primeros meses de vida. Estos resultados coinciden con otros estudios (Pellegrini, 2019), quienes observaron una etapa primaria de crecimiento en potrillos hasta los 12 meses, seguida de una etapa secundaria hasta los 36 meses, momento cuando ocurre la osificación de los cartílagos de crecimiento. Esta tendencia, que refleja un crecimiento acelerado en los primeros meses seguido de una estabilización progresiva después de los 12 meses, es consistente con estudios previos y se observa en variables como alzada, altura a la cruz y otras medidas (Pellegrini, 2019). Este último autor también señala que los equinos presentan un crecimiento precoz y un desarrollo temprano excepcional.

Para el Cuadro 2 en términos de la variabilidad en el crecimiento, se determinan variaciones pronunciadas en el crecimiento entre los grupos etarios de 5-10 años, lo que podría haber sido influenciado por el proceso de la creación de la raza del CCP que incorporó equinos de diversas procedencias, con el consiguiente efecto en su pureza genética. Es fundamental registrar tres medidas alométricas clave –altura, perímetro torácico y longitud– para evaluar el desarrollo físico y la conformación corporal, aspectos esenciales en la estandarización racial y en la comparación entre grupos etarios y sexuales (Carroll & Huntington, 1988).

Como se observa en el Cuadro 3 en relación con las variaciones morfológicas, el crecimiento de la cabeza y el cuello del CCP estuvo influenciado por el sexo y la edad, denotándose un mayor tamaño de la cabeza en los machos a medida que avanzan las etapas de desarrollo. Por otro lado, el ángulo de la espalda no varía significativamente según el sexo o la edad (Cuadro 3), lo que sugiere un desarrollo uniforme influenciado principalmente por factores genéticos. En contraste, el ángulo del corvejón fue más pronunciado en machos jóvenes y potros en comparación con hembras adultas (Cuadro 3), lo que podría estar asociado al dimorfismo sexual y a demandas biomecánicas específicas. En diversas ocasiones el crecimiento más acelerado en machos se atribuye a la mayor influencia de andrógenos en comparación con estrógenos (Bavera et al., 2005).

Asimismo, en el Cuadro 2 los resultados sobre el ángulo de las cuartillas muestran que los valores obtenidos en este estudio para los grupos de jóvenes (2-5 años) y adultos (5-10 años) de machos y hembras se sitúan en un rango de 53.9° a 55.5°, con una ligera variabilidad entre sexos y los grupos etarios evaluados. Estos valores son consistentes con los rangos recomendados en la bibliografía, donde se menciona que un ángulo de cuartilla ideal debe oscilar entre los 40° y 55° (Melbye, 2024). En particular, los valores encontrados en los machos jóvenes y en las hembras adultas (54.5° y 55.5°, respectivamente) se encuentran en el límite superior de este rango, lo que sugiere una conformación adecuada para una locomoción eficiente, tal como lo sugieren otros estudios que relacionan el ángulo de la cuartilla con la biomecánica y el rendimiento del caballo (Patiño, 2015). Por otro lado, las diferencias observadas entre los grupos etarios y sexuales podrían estar relacionadas con variaciones naturales en la estructura corporal y las demandas biomecánicas asociadas con cada etapa de desarrollo.



Los incrementos morfológicos observados en el Cuadro 6 representan un fenómeno que valida los principios teóricos establecidos por Valera et al. (2009) sobre la efectividad de la selección dirigida cuando se prioriza la correlación morfología-funcionalidad sobre caracteres externos menos relevantes. El patrón diferencial de respuesta entre generaciones sugiere que los programas de ASCACOPA han logrado implementar exitosamente los criterios de rigor en la selección de reproductores que estos autores consideran fundamentales para el mejoramiento racial. La magnitud de los cambios en perímetro torácico es particularmente significativa desde la perspectiva biomecánica, ya que como señalan Valera et al. (2009), la forma del cuerpo define los límites funcionales del caballo, y estos incrementos podrían estar optimizando la capacidad respiratoria necesaria para el pasitrote.

Además, en potros el perímetro torácico presenta una alta variabilidad, asociada tanto a la etapa de crecimiento como al manejo nutricional. En la raza Criolla se ha observado que la circunferencia torácica crece de manera relativamente uniforme durante el primer año de vida, pero a partir de los 400 días se incrementa la dispersión entre individuos (Martins et al., 2024). De forma complementaria, en potros Mangalarga Marchador se han reportado diferencias significativas en parámetros corporales según la edad (Cunha et al., 2022), lo que respalda que el desarrollo y la nutrición influyen directamente en la variabilidad del perímetro torácico.

Las diferencias sexuales observadas en el Cuadro 6 plantean interrogantes interesantes sobre las estrategias de selección aplicadas, sugieren que los criadores han adoptado enfoques diferenciados que podrían reflejar una comprensión intuitiva de los principios morfofuncionales. Sin embargo, la consolidación morfológica evidenciada también genera la pregunta de si la raza está alcanzando su potencial genético óptimo o si estos cambios representan una deriva hacia un biotipo específico que podría limitar su versatilidad futura. La estandarización propuesta, por tanto, debe considerar no solo la conformación actual sino también preservar la variabilidad genética necesaria para mantener la adaptabilidad de la raza, pues debe reconocer que la morfometría es vital para la selección de ejemplares y el perfeccionamiento de andares y posturas (Crespo & Camejo, 2021).

Conclusiones

Este estudio demostró que las características morfométricas del CCP presentaron variaciones significativas en función del sexo y del grupo etario, lo que resalta la influencia de estos factores en la estructura y conformación corporal de esta raza. Los valores de las variables, por ejemplo, la longitud de la cabeza, la altura a la cruz, el perímetro torácico, la longitud corporal, y el perímetro del metacarpo fueron diferentes estadísticamente, lo cual refleja su importancia en la evaluación anatómica y funcional.

Asimismo, este estudio reveló una interacción de diferencia de magnitud entre el sexo, la edad sobre las variables analizadas que destacan patrones específicos de crecimiento y estabilidad funcional en diferentes regiones corporales del CCP. Las diferencias reflejan tanto el dimorfismo sexual como las demandas biomecánicas asociadas a cada etapa de desarrollo. Mientras que algunas variables tuvieron un crecimiento acelerado en las primeras fases de la vida, otras evidenciaron una estabilidad temprana que podría estar vinculada a la necesidad de mantener funciones críticas, como la locomoción y el equilibrio.

Por último, los resultados también evidencian que hay un proceso de selección y desarrollo morfológico en el CCP. Estos hallazgos no solo tienen relevancia para el entendimiento de la raza, sino que también ofrecen un camino hacia la mejora genética y la conservación adecuada de esta raza tan importante para la cultura costarricense.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés en la realización del estudio y en la publicación de los resultados.

Agradecimientos

A la Asociación de Criadores del Caballo Costarricense de Paso por participar en esta investigación.

Referencias

- Asociación de Criadores del Caballo Costarricense de Paso. (1990). *Reglamento de registro*. <http://www.ascacopa.com/Reglamentos/ReglamentoDeRegistro>
- Asociación de Criadores del Caballo Costarricense de Paso. (2019). *Reglamento para el juzgamiento del Caballo Costarricense de Paso*. <http://www.ascacopa.com/Reglamentos/ReglamentoDeJuzgamiento>
- Asociación de criadores del Caballo Costarricense de Paso. (2024). ASCACOPA. <http://ascacopa.com>
- Barrantes, C., Macedo, O., Rosemberg, M., & Sarria, M. (2009). Estudio de las medidas hipométricas del Caballo Peruano de Paso. *Anales Científicos UNALM*, 70, 1-15. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/6171193.pdf>
- Bavera, G., Bocco, O., Beguet, H., & Petryna, A. (2005). *Crecimiento, desarrollo y precocidad*. Cursos de Producción Bovina de Carne, FAV UNRC. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/exterior/05-crecimiento_desarrollo_y_precocidad.pdf
- Carazo, M. (2023). *Historia del Caballo Costarricense de Paso* (1^{ra} ed.). Grupo Piri.
- Carroll, C. L., & Huntington, P. J. (1988). Body condition scoring and weight estimation of horses. *Equine veterinary journal*, 20(1), 41–45. <https://doi.org/10.1111/j.2042-3306.1988.tb01451.x>
- Castañeda, D. (2015). *Estandarización de las medidas hipométricas del Caballo Costarricense de Paso*. [Trabajo de diplomado inédito]. Universidad Técnica Nacional Costa Rica.
- Crespo, P. A. & Camejo, H. R. (2021). *La morfometría como herramienta zootécnica en equinos*. [Tesis de grado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio institucional de la Universidad Cooperativa de Colombia <https://hdl.handle.net/20.500.12494/36200>
- Cunha, I. C. N., Oliveira, H. N., Bergmann, J. A. G., Resende, A. S. C., & Pereira, I. G. (2022). Morphometric development of Mangalarga Marchador foals during the first year of life. *Archivos de Zootecnia*, 71(274), 321–330. <https://doi.org/10.21071/az.v71i274.14627>
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. SAGE Publications Ltd. <https://dl.acm.org/doi/10.5555/2502692>

- Fonseca, Y., Cedeño, I., Pérez, E., Rodríguez, Y., Martínez, Y., Cos, Y., & Chacón, E. (2016). Caracterización zoométrica del Asno Criollo Cubano (*Equus asinus asinus*), en la provincia Granma, Cuba. *Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(3), 1-11. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63646040003.pdf>
- Groupe France Elevage. (2019). *La cruz y la línea dorsal*. Groupe France Elevage. <http://pax.gfweb.com/es/noticias/pax-graphique/cruz-linea-dorsal,44646.html>
- Llamas, J. (2012a). *Este es el Caballo Español: el cuello y la cruz*. Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Española. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6002674.pdf>
- Llamas, J. (2012b). *Este es el Caballo Español: la espalda, el encuentro y el brazo*. Asociación Extremeña de Criadores de Caballos de Pura Raza Española. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/6002801.pdf>
- Martins, C. F., Faria, C. U., Ferreira, F. A., & McManus, C. M. (2024). Growth curves and morphometric traits in Criollo foals raised in Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 53, e20230012. <https://doi.org/10.37496/rbz5320230012>
- Melbye, A. (2024). *Horse training: Conformation and care of the extremities*. University of Minnesota Extension. <https://extension.umn.edu/horse-care-and-management/conformation-horse>
- Morón, J. A., Castillo, J., & Ruiz, E. (2018). Diferenciación hipométrica entre el caballo peruano de paso del norte y centro sur del Perú. *Anales Científicos*, 79(2), 496-501. <https://doi.org/10.21704/ac.v79i2.1261>
- Olmedo, S. (2014). *Manual de Prácticas: Anatomía Topográfica, Veterinaria Aplicada*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias. <https://www.uv.mx/pozarica/cba/files/2017/09/3-Manual-de-practicas-de-anatomia-topografica-veterinaria-aplicada.pdf>
- Padilha, F. G. F., Andrade, A. M., Fonseca, A. B. M., Godoi, F. N., Almeida, F. Q., & Ferreira, A. M. R. (2017). Morphometric measurements and animal-performance indices in a study of racial forms of Brazilian Sport Horses undergoing training for eventing. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46(1), 25-32. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000100005>
- Patiño, B. E., Baldrich, N. E., & Zapata, C. A. (2015). Diagnóstico y descripción de conductas estereotipadas en equinos bajo condiciones de pesebrera en Florencia-Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Agropecuarias-FAGROPEC*, 7(1), 17-20. <https://doi.org/10.47847/fagropec.v7n1a3>
- Pellegrini, A. (2019). Control de crecimiento en potrillos SPC. *Equina*, 24-47. https://www.researchgate.net/publication/337060344_La_Especie_Equina_22_-_Control_de_Crecimiento_en_Potrillos
- Peña, F., Gómez, M. D., Bartolomé, E., & Valera, M. M. (2009). Valoración morfológica en équidos. En C. Sañudo & SEZ (Eds.). *Valoración morfológica de los animales domésticos*, 203-230. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <https://core.ac.uk/download/pdf/51403529.pdf>
- Pérez F., R., Cabezas A., I., Guzmán S. M., R., García L., M., Chavarría C., C., & Soto Y., R. (1993). Comparación de características hipométricas de caballos mestizos descendientes de potros fina sangre y criollos de tiro. *Avances en Ciencias Veterinarias*, 8(2). <https://doi.org/10.5354/acv.v8i2.6128>



- Ruffner, O. A. (2008). *Estudio hipométrico y aptitud productiva de caballos provenientes de cruce (peruano de paso y trotón criollo), con fines de mejoramiento genético en los distritos de Chontabamba y Oxapampa - Pasco*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión] Repositorio institucional de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/3429/1/T026_41826014_T.pdf
- Sáenz, A. A. (2008). *Zootecnia equina: Apuntes de clases sobre el caballo*. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Ciencia Animal. <https://repositorio.una.edu.ni/2451/1/nl01s127z.pdf>
- Solano, G. & WingChing, R. (2018). Estructura de hato y manejo nutricional, sanitario, reproductivo y ambiental del caballo iberoamericano en Costa Rica. *UNED Research Journal*, 10(2), 428–434. <https://doi.org/10.22458/urj.v10i2.2172>
- Valera, M., Gómez, M. D., Cervantes, I., & Peña, F. (2009). Morfología y funcionalidad en los équidos. En C. Sañudo (Ed.), *Valoración morfológica de los animales domésticos* (pp. 701-725). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <https://www.mapa.gob.es/dam/mapa/contenido/ganaderia/temas/zootecnia/arca/razas/publicaciones-de-interes/libros/libro-valoracion-morfologica-sez.pdf>
- Velásquez, J., Sánchez, G. M., Álvarez, J. C., Pineda, M. P., Rodríguez, A. M., Sánchez, C. I., & Acosta, J. G. (2016). Asociación de medidas morfométricas con grasa en el anca en caballos de salto en una escuela ecuestre de Bogotá. *Revista de Medicina Veterinaria*, 1(32), 67–77. <https://doi.org/10.19052/mv.3856>

