

Aplicación de correlaciones y análisis de componentes principales en el estudio de rasgos cuantitativos de una población reducida de genotipos aviares de Paraguay

Application of correlations and principal component analysis in the study of quantitative traits of a reduced population of avian genotypes from Paraguay

Roberto Martínez-López^{1,2*}, Katiupcia Correa³, Luis Guillen²,
Liz Mariela Centurión^{2,4}, María Paz Corrales³

RESUMEN

En investigaciones sobre caracterización animal es fundamental establecer rangos de comportamientos típicos y fluctuantes de sus variables y parámetros. Para ello, el empleo de inferencias estadísticas robustas se constituye en una herramienta relevante. Así, se abordó el estudio de rasgos corporales en una población aviar rústica de doble propósito, mediante el análisis de correlación y de componentes principales (ACP), contribuyendo en su caracterización morfométrica y verificando la utilidad de los métodos estadísticos empleados, en un grupo de tamaño reducido. Se evaluaron 52 pollos (machos y hembras), clasificados en adultos y adultos mayores, analizando una serie de rasgos cuantitativos. Se encontró asociación entre peso vivo con ancho de cráneo,

¹ Centro Multidisciplinario de Investigaciones Tecnológicas, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay

² Programa Universitario de Becas para la Investigación, «Andrés Borgognon Montero» (PUBIABM), San Lorenzo, Paraguay

³ Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay

⁴ Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay

* Autor de correspondencia: Roberto Martínez-López; direccion@pubiabm.com.py

Recibido: 28 de febrero de 2024

Aceptado para publicación: 6 de noviembre de 2024

Publicado: 20 de diciembre de 2024

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

longitud del dedo medio, longitud de ala ($p < 0.01$), longitud del dorso, longitud de quilla, ancho de pecho, longitud de pico y longitud de tarso ($p < 0.05$), en machos adultos, mientras que para adultos mayores se sugieren cálculos como criterios de selección entre peso vivo con longitud de quilla y longitud de cuello. Por otro lado, en hembras adultas, el peso vivo no mostró la relevancia zootécnica observada en machos, en tanto que en adultas mayores se evidenció relación positiva de algunas características corporales con el peso vivo. El análisis de correlación fue útil para proporcionar vinculaciones morfométricas en ambos sexos y franjas etarias, no así, el ACP que mostró buen rendimiento en medidas corporales de machos antes que en hembras, en condición de tamaño efectivo de la población reducido (riesgo) y con fenotipos criollos.

Palabras clave: morfometría, pollos, recurso genético, correlación, estadística multivariada

ABSTRACT

In animal characterization research it is essential to establish ranges of typical and fluctuating behaviours of its variables and parameters. For this, the use of robust statistical inferences constitutes a relevant tool. Thus, the study of body traits in a rustic dual-purpose avian population was approached, through correlation and principal component analysis (PCA), contributing to its morphometric characterization and verifying the usefulness of the statistical methods used in a small group. In total, 52 chickens (males and females) were evaluated, classified as adults and older adults, analysing a series of quantitative traits. An association was found between live weight and skull width, middle finger length, wing length ($p < 0.01$), back length, keel length, breast width, beak length and tarsus length ($p < 0.05$), in adult males, while for older birds calculations are suggested as selection criteria between live weight with keel length and neck length. On the other hand, in adult females, live weight did not show the zootechnical relevance observed in males, while in older females a positive relationship of some body characteristics with live weight was evident. The correlation analysis was useful to provide morphometric links in both sexes and age groups, but not the PCA, which showed good performance in body measurements of males before that of females, in conditions of reduced effective population size (risk) and with native phenotypes.

Key words: morphometry, chickens, genetic resources, correlation, multivariate statistics

INTRODUCCIÓN

En el campo de la zootecnia, el estudio de rasgos corporales es fundamental para la definición de rangos de características por genotipos y razas, así como en la predicción de parámetros productivos que son de importancia socioeconómica. Bajo este abordaje, es relevante el empleo de herramientas estadísticas multivariadas, no solo en el camino de alcanzar los objetivos referidos, sino también, para proporcionar rigor científico a

un trabajo de investigación, donde el mundo animal no constituye una excepción. En las últimas décadas, en producción y zoogenética animal se viene transitando desde enfoques simples, como el empleo de inferencias de pocos factores, hacia multivariados. Varios trabajos han reportado el empleo de métodos multivariados (Egena *et al.*, 2014; Sophian *et al.*, 2021; Aggarwal *et al.*, 2023). No obstante, el análisis de componentes principales (ACP) es de las más antiguas y mayormente aplicadas multidisciplinariamente (Jolliffe y Cadima, 2016) como método valorado para

establecer índices biológicos de selección (Romera *et al.*, 2023).

Melesse *et al.* (2021) refieren que, el estudio de las asociaciones entre rasgos corporales es fundamental en grupos de animales locales para el diseño de planes de mejoramiento sostenible. Igualmente, es importante analizar la estructura de la correlación entre variables, cuando se pretenden realizar abordajes predictivos mediante la regresión por el método de mínimos cuadrados, considerando que, al evidenciarse altas correlaciones, podrían obtenerse estimaciones imprecisas atendiendo el problema de multicolinealidad. Desde ahí, la opción de emplear otras herramientas alternativas, por ejemplo, considerando las variables ortogonales derivadas del análisis factorial por el método de componentes principales (Tahtali, 2019; Negash, 2021) o el método de regresión de cresta. Sobre esta última, cabe mencionar que es un procedimiento analítico útil cuando se trabaja con poblaciones reducidas y cantidad de variables predictores elevada (Çelik *et al.*, 2018). Al respecto se refiere que, en la producción animal generalmente es difícil considerar un tamaño óptimo de unidades, por factores como el sistema agroecológico de cría, grupos reducidos o muy grandes, accesibilidad, criterios de manejo y costo operativo, entre otros.

Existen diversos trabajos científicos relacionados a rasgos corporales en poblaciones con características criollas (Martínez-López *et al.*, 2014; Jáuregui *et al.*, 2015; Chincoya *et al.*, 2018). Definitivamente, para realizar un trabajo de caracterización animal, es fundamental establecer rangos de comportamientos típicos (y fluctuantes) de sus variables y parámetros, mediante el empleo correcto de inferencias estadísticas robustas como son los análisis de correlación y los métodos multivariados. Sin embargo, ¿en condiciones de tamaños de población reducido son igualmente útiles? Desde ahí y en ese contexto, este trabajo visualiza dos objetivos fundamentales: (1) contribuir en la caracterización morfométrica de un grupo de pollos

rústicos de doble propósito, abordando sus variables cuantitativas mediante análisis de correlaciones y componentes principales, y (2) verificar la utilidad real de estos métodos inferenciales cuando se focalizan animales con reducidos tamaños de población efectiva (por caso en riesgo de extinción, razones pedagógicas o requerimientos experimentales específicos).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un conjunto de datos derivados del estudio publicado sobre variables cuantitativas corporales del grupo aviar paraguayo, denominado «Rustipollo» (Martínez-López *et al.*, 2022). Este es un genotipo único en todo el territorio paraguayo, criado con finalidad pedagógica y experimental en la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción (UNA).

Se consideraron las características de aves adultas (8 a 18 meses de edad, 8 machos y 18 hembras) y adultas mayores (19 y 30 meses, 6 machos y 20 hembras), totalizando 52 pollos. Se analizó el peso vivo (PV) en kilogramos (kg), el ancho del cráneo (AC), longitud del pico (LP), longitud de barbilla (LB), longitud de la cresta (LCR), longitud del cuello (LCU), longitud del dorso (LD), longitud corporal (LC), ancho del pecho (AP), longitud de la quilla (LQ), longitud del ala plegada (LA), longitud del muslo (LM), longitud del tarso (LT), longitud del dedo medio (LDM), todos en centímetros (cm). Los datos correspondieron a dos momentos de medición, con un intervalo de 17 semanas.

Se aplicó el test de Shapiro-Wilk para contrastar la normalidad en cada variable. Luego, se empleó el análisis de correlación de Spearman. Finalmente el análisis de componentes principales, utilizando el criterio del valor propio mayor que la unidad para la retención de componentes (Tahtali, 2019; Negash, 2021). En el lote conformado por aves adultas mayores se utilizó el método de

rotación Varimax a fin de facilitar la interpretación de los componentes principales (Tahtali, 2019; Acal *et al.*, 2020). Los análisis fueron realizados considerando el sexo (macho-hembra) y el momento del registro (primer-segundo), a través del software R (R Core Team, 2023).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de correlación

En el Cuadro 1 se presentan los coeficientes de correlación de Spearman para las características morfométricas y el PV de los rustipollos adultos machos, medidos en dos momentos con 17 semanas de intervalo.

En el momento 1 del registro de los datos (Cuadro 1, diagonal superior), el PV presentó correlación positiva con AC, LDM, LA, LD, LQ, AP, LP y LT. Estos resultados coinciden con los reportados por Hassan *et al.* (2020) en una población local de pollos en Nigeria, en donde el PV se relacionó positivamente con las ocho variables evaluadas, entre estas, LT, LA y LP, aunque la relación fue más débil con la LP. Igualmente, con los encontrados por Melesse *et al.* (2021), en cuanto al PV y su asociación positiva con LQ y LCU. Asimismo, con informaciones señaladas por Negash (2021), en donde el PV se asoció significativamente con la LC y, por Montes-Vergara *et al.* (2022), en cuanto al PV y la LA.

Los valores evidenciados en este trabajo sugieren que, las variables morfométricas asociadas positivamente con el PV pueden ser empleadas en estudios sobre predicción del peso de las aves con rasgos criollos (Egena *et al.*, 2014; Jáuregui *et al.*, 2015; Hassan *et al.*, 2020; Montes-Vergara *et al.*, 2022). Por otro lado, AP mostró correlación positiva con AC, LCU y LD. Igualmente, LA con LB, AC, LCU, LD, AP y LQ. En general, los coeficientes indican una fuerte relación entre las variables (Rusakov, 2023).

Durante la segunda medición (Cuadro 1, diagonal inferior), se observó una dinámica disímil en comparación al momento 1 del registro. En ese sentido, se encontró relación negativa fuerte entre LA y LCU, LB y LP, LB y LDM y, finalmente, LA y LC. Según Apaza-Zúñiga *et al.* (2022), en el ámbito de la ciencia animal, el análisis de correlación es empleado para explicar el comportamiento de diversas características, reportándose su utilización en poblaciones zootécnicas como la avícola (Egena *et al.*, 2014; Melesse *et al.*, 2021; Negash, 2021; Montes-Vergara *et al.*, 2022), ovina (Tahtali, 2019), bovina (Martínez-López *et al.*, 2014) y equina (Bartholazzi-Junior *et al.*, 2020). Se resalta que, esta técnica es sumamente útil en el estudio de la armonía corporal en poblaciones zootécnicas, definida a partir de la proporción de relaciones positivas estadísticamente significativas (Montes-Vergara *et al.*, 2022), donde cuanto más alta sea el valor de la referida proporción, mayor es la armonía (Abarca-Vargas *et al.*, 2020).

Los coeficientes de correlación de Spearman y las pruebas de significación para las características morfométricas y el PV de los rustipollos hembras adultas medidos en dos momentos se presentan en el Cuadro 2.

Al momento de la primera medición (Cuadro 2, diagonal superior), los resultados mostraron relaciones positivas de moderadas a fuertes entre el PV y LD, además de AP. Sin embargo, en las demás variables cuantitativas no se observaron correlaciones significativas ($p > 0.05$). Resultados contrarios a los observados por otros autores (Melesse *et al.*, 2021; Negash, 2021; Montes-Vergara *et al.*, 2022) donde la mayoría de los rasgos corporales mostraron asociación con el PV. Igualmente, difiere de lo señalado por Chincoya *et al.* (2018), quienes encontraron correlación positiva ($p < 0.01$) del PV con la LT y LM en gallinas criollas adultas de la región Valles Centrales de Oaxaca (México). Por otro lado, se pudo constatar relaciones entre otros pares de características, tales como: LC y LCU, AP y LD, LM y LQ, AP y LQ. Sin embargo,

Cuadro 1. Correlaciones de Spearman entre rasgos corporales cuantitativos de la población aviar rustipollos machos adultos en dos momentos de evaluación (Paraguay)

Var	PV	LB	AC	LP	LCR	LCU	LD	AP	LQ	LA	LM	LT	LDM	LC
PV (kg)	1.00	0.62	0.92**	0.75*	-0.07	0.71	0.81*	0.77*	0.79*	0.85**	0.54	0.73*	0.87**	0.48
LB (cm)	-0.26	1.00	0.48	0.20	0.48	0.44	0.35	0.38	0.47	0.77*	0.38	0.29	0.50	0.67
AC (cm)	0.40	-0.30	1.00	0.77*	-0.36	0.49	0.81*	0.74*	0.66	0.72*	0.70	0.71*	0.75*	0.62
LP (cm)	0.07	0.75*	-0.25	1.00	-0.37	0.40	0.72*	0.55	0.35	0.44	0.41	0.45	0.66	0.40
LCR (cm)	-0.49	0.51	0.12	0.07	1.00	0.22	-0.30	-0.31	0.02	0.10	-0.31	0.04	0.10	-0.04
LCU (cm)	-0.60	0.00	-0.03	0.13	0.23	1.00	0.77*	0.80*	0.76*	0.83*	0.37	0.48	0.58	0.00
LD (cm)	0.53	0.20	0.65	0.30	0.24	-0.26	1.00	0.88**	0.70	0.81*	0.78*	0.51	0.61	0.39
AP (cm)	0.70	-0.10	-0.06	0.31	-0.57	-0.33	0.42	1.00	0.64	0.83*	0.56	0.37	0.42	0.23
LQ (cm)	0.11	-0.59	0.19	-0.51	-0.15	0.36	-0.08	0.23	1.00	0.81*	0.53	0.71	0.82*	0.14
LA (cm)	0.59	-0.05	0.37	-0.33	0.04	-0.77*	0.28	0.04	-0.04	1.00	0.64	0.47	0.65	0.46
LM (cm)	0.22	0.23	0.67	0.19	0.07	0.16	0.45	-0.03	0.06	0.24	1.00	0.44	0.42	0.69
LT (cm)	0.33	-0.55	0.35	-0.66	0.06	-0.36	0.35	0.27	0.54	0.42	-0.22	1.00	0.82*	0.30
LDM (cm)	-0.05	-0.74*	0.39	-0.41	-0.35	0.35	0.03	0.05	0.37	-0.44	-0.04	0.30	1.00	0.34
LC (cm)	-0.67	0.00	-0.16	0.00	-0.13	0.70	-0.45	-0.30	0.10	-0.71*	0.20	-0.47	0.43	1.00

Matriz diagonal superior: primer momento de medición; Matriz diagonal inferior: segundo momento de medición Superíndices (*) indican coeficientes de correlación significativos *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Var: variable; PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal

en el segundo registro, los valores de correlación obtenidos (Cuadro 2, diagonal inferior) sugieren algún grado de asociación entre algunas variables (LB y LCR; AP y LCR; LC y LM), indicando tan solo moderada estrechez.

De acuerdo con los hallazgos en este trabajo, desde las relaciones analizadas tanto en machos como en hembras, teniendo en

cuenta el primer momento de medición, los resultados sugieren una baja armonía corporal en la población de rustipollos adultos, considerando que el porcentaje de coeficientes de correlación que indicaron relaciones positivas y estadísticamente significativas ($p < 0.05$; 0.01 ; 0.001), en machos representó el 25.7%, mientras que en hembras el 5.7%. Evidencias similares fueron encontradas por Montes-Vergara *et al.* (2022), si bien la pro-

Cuadro 2. Correlaciones de Spearman entre rasgos corporales cuantitativos de la población aviar rustipollos hembras adultas en dos momentos de evaluación (Paraguay)

Var	PV	LB	AC	LP	LCR	LCU	LD	AP	LQ	LA	LM	LT	LDM	LC
PV (kg)	1.00	0.14	-0.02	-0.22	0.08	0.02	0.62**	0.53*	0.38	0.18	0.34	0.12	-0.11	0.13
LB (cm)	-0.14	1.00	0.35	-0.43	0.46	0.36	-0.15	-0.38	-0.34	0.20	0.14	-0.07	0.02	0.26
AC (cm)	-0.09	-0.22	1.00	-0.34	-0.04	-0.13	-0.03	0.05	-0.08	-0.16	-0.17	0.24	-0.04	-0.19
LP (cm)	0.28	-0.31	-0.08	1.00	-0.19	-0.05	0.02	0.25	0.27	-0.31	0.08	-0.06	0.18	-0.19
LCR (cm)	0.04	0.55*	0.03	-0.19	1.00	-0.28	-0.07	-0.07	0.07	0.10	0.44	-0.40	-0.25	-0.09
LCU (cm)	0.12	0.04	-0.12	0.35	-0.03	1.00	-0.23	-0.31	-0.34	-0.00	-0.07	0.39	-0.03	0.78***
LD (cm)	-0.00	-0.03	0.12	0.17	-0.29	-0.17	1.00	0.68**	0.47	0.17	0.30	0.06	-0.20	-0.40
AP (cm)	0.25	0.33	-0.02	-0.13	0.57*	-0.12	-0.22	1.00	0.51*	-0.22	0.33	-0.05	-0.31	-0.33
LQ (cm)	0.09	0.20	0.11	0.24	0.32	-0.35	0.37	0.34	1.00	-0.06	0.56*	0.09	-0.22	-0.20
LA (cm)	-0.09	-0.35	-0.29	-0.05	-0.09	-0.00	0.09	-0.13	0.15	1.00	0.31	0.16	-0.17	-0.20
LM (cm)	0.44	0.29	0.15	0.07	0.28	0.23	-0.03	0.15	0.01	-0.12	1.00	-0.13	-0.44	-0.11
LT (cm)	0.20	0.19	-0.13	-0.28	0.21	-0.23	0.41	0.01	0.12	0.27	0.08	1.00	0.09	0.33
LDM (cm)	0.20	-0.30	-0.02	0.06	0.19	-0.23	0.08	0.39	0.40	0.23	-0.31	-0.05	1.00	-0.01
LC (cm)	0.13	-0.22	0.27	0.15	0.24	0.31	-0.14	-0.03	-0.16	0.25	0.51*	0.02	-0.18	1.00

Matriz diagonal superior: primer momento de medición; Matriz diagonal inferior: segundo momento de medición Superíndices (*) indican coeficientes de correlación significativos *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Var: variable; PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal

porción fue superior en gallinas, la armonía corporal fue baja. Estos autores aducen la falta de planes de mejoramiento genético en poblaciones criollas locales dada la variabilidad registrada en su investigación.

Los coeficientes de correlación de Spearman y las pruebas de significación para los rasgos corporales evaluados en rustipollos adultos mayores, machos y hembras, se muestran en los cuadros 3 y 4, respectivamente.

Las correlaciones de Spearman entre las variables cuantitativas corporales evaluadas en machos adultos mayores mostraron relaciones significativas ($p < 0.01$; $p < 0.05$) y fuertes en algunos casos (Cuadro 3, diagonal superior). El valor positivo más alto se observó entre el par: PV-LQ al primer momento de la medición, mientras que durante la segunda etapa de registro (Cuadro 3, diagonal inferior), los coeficientes positivos más elevados fueron entre el PV y LCU, LB y LT, LQ y AP. Sin embargo, se observó una relación inversa entre LCR y LDM.

Cuadro 3. Correlaciones de Spearman entre rasgos corporales cuantitativos de la población aviar rustipollos machos adultos mayores en dos momentos de evaluación (Paraguay)

Var	PV	LB	AC	LP	LCR	LCU	LD	AP	LQ	LA	LM	LT	LDM	LC
PV (kg)	1.00	-0.29	-0.88*	-0.54	-0.71	0.06	0.14	0.77	0.93**	-0.37	-0.83*	0.65	0.34	-0.03
LB (cm)	-0.31	1.00	0.31	0.84*	0.41	0.07	-0.38	-0.03	-0.59	0.23	0.00	-0.75	-0.70	-0.23
AC (cm)	0.74	-0.06	1.00	0.44	0.62	0.18	-0.44	-0.79	-0.85*	0.09	0.81	-0.62	-0.31	0.18
LP (cm)	-0.34	0.54	0.15	1.00	0.54	0.15	-0.49	-0.09	-0.78	0.66	0.25	0.93**	-0.37	0.03
LCR (cm)	0.03	0.54	-0.15	0.14	1.00	0.44	-0.03	-0.77	-0.81*	0.09	0.83*	-0.77	-0.10	-0.49
LCU (cm)	0.97**	-0.32	0.76	-0.44	0.03	1.00	-0.52	-0.20	-0.13	-0.20	0.36	-0.42	0.60	-0.03
LD (cm)	-0.24	0.00	0.00	-0.35	0.00	0.00	1.00	-0.09	0.32	-0.26	-0.09	0.53	-0.10	-0.66
AP (cm)	-0.38	0.44	0.30	0.49	-0.18	-0.26	0.55	1.00	0.67	0.26	-0.93**	0.37	0.17	0.31
LQ (cm)	-0.15	0.52	0.39	0.22	-0.09	0.00	0.64	0.91*	1.00	-0.41	-0.75	0.88*	0.39	0.06
LA (cm)	0.03	-0.14	0.56	0.51	-0.14	0.09	0.24	0.59	0.33	1.00	0.03	-0.46	0.03	0.43
LM (cm)	0.46	-0.09	0.38	-0.60	0.25	0.65	0.71	0.11	0.39	0.06	1.00	-0.53	0.07	-0.12
LT (cm)	-0.12	0.93**	0.28	0.58	0.34	-0.11	0.07	0.64	0.72	0.09	0.02	1.00	0.22	0.06
LDM (cm)	-0.09	-0.26	0.15	0.03	-0.94*	-0.12	-0.12	0.27	0.21	0.03	-0.37	-0.06	1.00	0.27
LC (cm)	0.09	0.03	0.68	0.44	-0.60	0.12	0.12	0.74	0.64	0.66	-0.06	0.37	0.66	1.00

Matriz diagonal superior: primer momento de medición; Matriz diagonal inferior: segundo momento de medición Superíndices (*) indican coeficientes de correlación significativos *: p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

Var: variable; PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal

Por otro lado, a diferencia de lo observado en machos de 19 a 30 meses de edad, en rustipollos hembras adultas mayores, se encontró mayor cantidad de rasgos corporales asociados con el PV; vale decir, relaciones moderadas con LC, LQ, LCR, LM y AP en el momento 1 (Cuadro 4, diagonal superior) y con AP, LQ, LCU, LA y LCR en el momento 2 (Cuadro 4, diagonal inferior).

Comparando los coeficientes obtenidos en machos adultos mayores (Cuadro 3) con el estrato adulto (Cuadro 1), se encontraron mayores rasgos cuantitativos asociados positivamente entre sí en este último grupo etario. Sin embargo, en hembras, se visualizó esta dinámica de índices corporales mayormente en adultas de 19 a 30 mes de edad (Cuadro 4).

Cuadro 4. Correlaciones de Spearman entre rasgos corporales cuantitativos de la población aviar rustipollos hembras adultas mayores en dos momentos de evaluación (Paraguay)

Var	PV	LB	AC	LP	LCR	LCU	LD	AP	LQ	LA	LM	LT	LDM	LC
PV (kg)	1.00	0.35	0.28	0.21	0.64**	0.36	0.28	0.46*	0.67**	-0.12	0.53*	0.29	0.27	0.69***
LB (cm)	0.05	1.00	-0.01	0.14	0.62**	0.06	-0.07	-0.03	0.08	0.41	0.22	0.40	0.13	0.08
AC (cm)	-0.00	-0.11	1.00	0.13	0.05	0.67**	0.03	0.08	0.02	0.10	-0.04	-0.08	-0.17	0.10
LP (cm)	-0.01	-0.22	0.21	1.00	0.08	-0.14	0.21	0.11	0.09	0.15	0.42	-0.25	0.22	0.06
LCR (cm)	0.45*	0.66**	-0.18	-0.28	1.00	0.18	0.30	0.37	0.38	0.28	0.25	0.41	0.08	0.43
LCU (cm)	0.48*	0.25	0.16	0.10	0.34	1.00	0.04	-0.03	0.16	0.18	-0.03	-0.15	-0.31	0.45*
LD (cm)	0.34	0.20	-0.11	-0.21	0.30	0.30	1.00	0.39	0.40	-0.18	0.37	0.03	-0.06	0.37
AP (cm)	0.57**	-0.01	0.11	-0.03	0.47*	0.34	0.46*	1.00	0.48*	-0.06	0.51*	0.19	-0.22	0.36
LQ (cm)	0.53*	0.21	0.28	-0.05	0.59**	0.28	0.24	0.70***	1.00	-0.21	0.34	0.08	0.15	0.58**
LA (cm)	0.47*	0.20	-0.23	0.02	0.51*	0.54*	0.35	0.26	0.05	1.00	-0.07	-0.10	-0.17	-0.16
LM (cm)	0.41	0.43	0.16	0.02	0.41	0.50*	-0.08	0.11	0.34	0.25	1.00	-0.16	-0.02	0.31
LT (cm)	0.27	0.41	-0.17	0.19	0.66**	0.25	0.05	0.34	0.55*	0.46*	0.41	1.00	0.45*	0.16
LDM (cm)	0.24	-0.18	0.21	0.18	-0.35	0.22	0.05	-0.26	-0.31	0.18	0.03	-0.27	1.00	0.19
LC (cm)	0.44	0.13	0.02	0.04	0.35	0.28	0.28	0.63**	0.46*	0.25	0.30	0.26	-0.06	1.00

Matriz diagonal superior: primer momento de medición; Matriz diagonal inferior: segundo momento de medición

Superíndices (*) indican coeficientes de correlación significativos *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***: $p < 0.001$

Var: variable; PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal

Análisis de componentes principales

Los resultados derivados del análisis de componentes principales, tales como los valores propios, la tasa de contribución a la variabilidad y la tasa de contribución acumulada en porcentaje, obtenidos a partir de los rasgos cuantitativos evaluados en una población aviar doble propósito (huevo-carne) durante la primera etapa de medición se presentan en el Cuadro 5.

A través del ACP se identificó que tres componentes principales (CP1, CP2 y CP3) contribuyeron con el 86% de la variación total en los rasgos medidos en rustipollos machos adultos (Cuadro 5), en donde el CP1 exhibió la mayor diversidad, representando el 60% del total. Este se asoció a rasgos de tamaño y forma corporal, teniendo en cuenta una alta y positiva relación con la mayoría de las variables cuantitativas estudiadas. La excepción fue con la LCR que mostró elevada

Cuadro 5. Valores propios, proporción de varianza explicada y coeficientes de correlación entre los componentes principales y los rasgos cuantitativos en rustipollos machos y hembras adultas en la primera medición (Paraguay)

Variables	Machos adultos			Hembras adultas				
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
PV (kg)	0.96	0.00	-0.13	0.62	-0.34	0.05	0.40	0.16
LB (cm)	0.72	-0.48	0.37	-0.21	-0.81	-0.40	-0.13	0.11
AC (cm)	0.90	0.32	0.10	-0.24	-0.24	-0.15	0.80	0.18
LP (cm)	0.70	0.50	0.03	0.41	0.55	0.02	-0.41	0.20
LCR (cm)	-0.08	-0.95	0.21	0.20	-0.53	-0.73	-0.10	0.17
LCU (cm)	0.70	-0.41	-0.54	0.00	-0.54	0.57	-0.37	0.25
LD (cm)	0.87	0.33	-0.16	0.82	0.01	0.11	0.14	-0.15
AP (cm)	0.79	0.19	0.45	0.89	0.10	0.13	0.19	0.20
LQ (cm)	0.83	-0.26	-0.31	0.89	0.06	0.06	-0.01	0.12
LA (cm)	0.93	-0.20	0.17	0.03	-0.37	0.08	-0.10	-0.89
LM (cm)	0.74	0.26	0.21	0.76	-0.32	-0.20	-0.22	-0.15
LT (cm)	0.80	-0.25	0.10	0.00	-0.25	0.71	0.36	-0.20
LDM (cm)	0.82	-0.40	0.09	-0.50	0.32	-0.02	0.10	0.18
LC (cm)	0.65	0.31	0.67	-0.22	-0.53	0.57	-0.24	0.38
Autovalor	8.44	2.29	1.37	3.81	2.41	1.94	1.45	1.30
PVE	0.60	0.16	0.10	0.27	0.17	0.14	0.10	0.09
% PVE acum	60	76	86	27	44	58	68	77

PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal PVE: proporción de varianza explicada; % PVE acum: porcentaje de la proporción de varianza explicada acumulada; CP: componente principal

correlación negativa con el CP2 (-0.95) y con LC, que, si bien mantuvo moderadas asociaciones con la primera y tercera componente, fue levemente superior en esta última (0.67), quedando vinculada la CP3 con la talla del rustipollo.

Con relación a las hembras adultas se encontró que cinco componentes principales contribuyeron a aproximadamente el 77% de las variaciones cuantitativas totales. En ese contexto, las mismas fueron seleccionadas por explicar una proporción importante, superando el porcentaje (>70%) generalmente considerado en casos similares (Aggarwal *et al.*, 2023), además de presentar valores propios mayores a la unidad. Por otro lado, visualizando los coeficientes de correlación, se identificó que el CP1, además de explicar la mayor diversidad (27%), estuvo vinculado

entre moderado y fuerte, positivamente con el PV, LD, AP, LQ y LM, asociándose el CP1 con el tamaño del animal. Por otro lado, el CP2 mostró relación negativa fuerte con LB (-0.81) y positiva moderada con LP (0.55), explicando algunos rasgos de forma en zona de la cabeza. Por su parte el CP3 se correlacionó negativamente con LCR (-0.73) pero, positivo de manera moderada a fuerte con LCU (0.57), LT (0.71) y LC (0.57), vinculándose mayormente con la talla del animal. Entretanto, el CP4 indicó una fuerte relación positiva con AC (0.80), contribuyendo en la descripción de la dimensión de la cabeza de las aves. Finalmente, el CP5 explicó el 9% de la variación total, conforme al valor observado, sugiriendo que este componente está principalmente relacionado con el parámetro LA (-0.89).

Cuadro 6. Valores propios, proporción de varianza explicada y coeficientes de correlación entre los componentes principales y los rasgos cuantitativos en rustipollos machos y hembras adultas en la segunda medición (Paraguay)

Variables	Machos adultos					Hembras adultas				
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
PV (kg)	0.84	0.21	0.34	-0.32	0.13	0.45	0.31	-0.21	-0.36	0.39
LB (cm)	-0.33	0.88	0.07	-0.02	-0.13	0.71	0.02	0.10	0.26	0.60
AC (cm)	0.50	-0.25	-0.70	-0.37	0.04	-0.02	-0.01	-0.17	-0.57	-0.64
LP (cm)	-0.28	0.68	0.45	-0.47	-0.14	-0.02	0.49	0.08	-0.78	0.06
LCR (cm)	-0.42	0.45	-0.64	-0.02	-0.42	0.89	0.04	0.01	0.14	0.02
LCU (cm)	-0.71	-0.40	-0.19	-0.47	-0.15	-0.08	0.80	-0.11	-0.14	0.17
LD (cm)	0.57	0.29	-0.23	-0.54	-0.47	-0.05	-0.35	-0.61	-0.22	0.24
AP (cm)	0.48	0.01	0.80	-0.26	-0.23	0.72	-0.17	0.23	-0.01	-0.29
LQ (cm)	0.17	-0.76	0.10	-0.17	-0.16	0.65	-0.30	-0.04	-0.38	0.05
LA (cm)	0.81	0.35	-0.33	0.18	0.22	-0.34	-0.40	-0.50	-0.33	-0.04
LM (cm)	0.19	0.07	-0.24	-0.79	0.48	0.67	0.30	-0.43	0.04	-0.12
LT (cm)	0.78	-0.44	-0.01	0.23	-0.19	0.20	-0.47	-0.68	0.13	0.22
LDM (cm)	-0.07	-0.84	0.08	-0.16	-0.31	0.18	-0.55	0.24	-0.45	-0.45
LC (cm)	-0.77	-0.37	0.18	-0.34	0.31	-0.07	0.49	-0.58	0.12	-0.28
Autovalor	4.30	3.52	2.17	1.92	1.07	3.09	2.29	1.81	1.70	1.44
PVE	0.31	0.25	0.15	0.14	0.08	0.22	0.16	0.13	0.12	0.10
% PVE acum	31	56	71	85	93	22	38	51	63	73

PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal PVE: proporción de varianza explicada; % PVE acum: porcentaje de la proporción de varianza explicada acumulada; CP: componente principal

En algunos casos, los resultados son consistentes con los reportes de Egena *et al.* (2014) quienes informaron que el CP1 se correlacionó en gran medida con el peso corporal evaluado en pollos indígenas nigerianos. Igualmente, con resultados exhibidos por Chincoya *et al.* (2018), quienes observaron que el CP1 estaba asociado con la LM, además de otras variables, tales como: longitud del tarso, largo y ancho de barbilla, ancho y largo de cresta, largo de pico y largo de orejuela, atribuyendo a la referida componente a rasgos de tamaño y forma de la cabeza de gallinas criollas de Oaxaca, México. Cabe aclarar que, en el presente estudio la LB y LP mostraron asociación con CP2, mientras que la LT y la LCR con el CP3, contrariamente a los informes de Chincoya *et al.* (2018).

Por su parte Negash (2021) reportó que los primeros dos componentes principales de cinco rasgos corporales, evaluados en pollos indígenas machos de Etiopia, presentaron valores propios superiores a uno, explicando aproximadamente el 82% de la variabilidad total, en tanto que en las hembras identificó tres componentes, representando el 94% de la varianza. Romera *et al.* (2023), por su parte, concluyeron que los primeros cuatro componentes (con variancia explicada del 80%) se constituyeron en fuentes de variancia independiente para el volumen corporal, indicadores externos de tamaño de pechuga y para la longitud dorsal en pollos Campero Casilda (hembras) de 72 semanas de edad. Contrariamente a los resultados evidenciados en el presente trabajo, todos los rasgos

morfológicos evaluados por estos autores mostraron asociaciones negativas con el CP1 (ancho dorsal interhúmeros, ancho dorsal interfémures, circunferencia corporal, longitud dorsal, longitud de la pechuga, ancho de la pechuga).

Las mediciones realizadas durante el segundo periodo en los rustipollos adultos según sexo se presentan los resultados del ACP en el Cuadro 6.

Considerando rustipollos machos adultos, se pudo constatar que, cinco componentes principales explicaron el 93% de la variación total, vale decir, el CP1 contribuyó mayormente (31%), en coincidencia con los resultados de la primera medición en el mismo grupo (Cuadro 5), aunque la proporción fue más baja. Asimismo, se observa que, existe correlación positiva de moderada a alta con el PV, LD, LA y LT. De igual manera, se evidenciaron coeficientes positivos de moderados a fuertes entre LB y LP en relación con el CP2. Por su parte el CP3, mostró asociación negativa con AC y LCR y, positiva fuerte con AP. El cuarto componente evidenció como rasgo más importante la LM (-0.79). Por otro lado, en hembras adultas se identificaron cinco componentes principales con autovalores superiores a la unidad, que explicaron en torno al 73% de la variabilidad total de los 14 rasgos cuantitativos evaluados, proporción similar a la obtenida en la primera evaluación.

Según resultados del ACP exhibidos por Chincoya *et al.* (2018), se constató que cuatro componentes presentaron autovalores mayor o igual a la unidad, sin embargo, consideraron suficiente la selección de los primeros dos debido a que explicaban el 63% de la variación. Teniendo en cuenta este último criterio, en el presente trabajo se sugiere incluir hasta el tercer componente, debido a que estarían explicando aproximadamente el 71% de la variación total, lo cual constituye una proporción sustancial del total posible. Siguiendo la línea de análisis en cuanto a la retención o selección de componentes, tam-

bién pueden ser considerados los gráficos de sedimentación o pedregal. No obstante, estos procedimientos en ocasiones pueden conducir a la selección de componentes que no resuman y reúnan la estructura de la variación esperada. En este contexto, existen métodos permutacionales que pueden ser aplicados para evaluar la importancia de las agrupaciones, lo que a su vez conduce a la selección de aquellas que son significativas, descartando otras, que solo representan ruidos aleatorios (Camargo *et al.*, 2022).

Los cuadros 7 y 8 exponen resultados del ACP en el grupo etario de adultos mayores en la primera y segunda medición, respectivamente. El ACP en la primera medición (Cuadro 7) permitió reducir la dimensionalidad de los 14 rasgos corporales, indicando que cuatro combinaciones lineales explicaron el 95% de la variación en machos adultos mayores, en tanto que en hembras fueron seis componentes que contribuyeron al 85% de la variación total. En ese sentido, se identificó que el PV, AP y LQ, estaban fuerte y positivamente relacionados con el CP1 en machos adultos mayores, mientras las mismas características en hembras mostraron correlación negativa más alta con el CP1.

En la segunda etapa (Cuadro 8), cinco componentes principales explicaron el 100% de la variación en el lote de machos adultos mayores. El CP1 contribuyó positivamente con los rasgos LD, AP y LQ, mientras que el CP2 mostró una fuerte relación positiva con el PV, LCU y LM. Los demás componentes (CP3, CP4 y CP5) revelaron proporciones similares de variación explicada. Visualizando el estrato hembras, cinco componentes principales contribuyeron aproximadamente al 79% de las variaciones cuantitativas. El análisis indicó que la LB, LCR y LC estaban asociadas negativamente con el CP1, mientras que la LD y AP se asociaron positivamente al CP2. Por su parte, el CP3 expuso relación entre AC y LM. Finalmente se resalta que, el número de rasgos que contribuyeron a la variabilidad observada en el CP4 y CP5 fueron similares.

Cuadro 7. Valores propios, proporción de varianza explicada y coeficientes de correlación entre los componentes principales y los rasgos cuantitativos en rustipollos machos y hembras, adultos mayores en la primera medición con rotación de Varimax (Paraguay)

Variables	Machos adultos mayores				Hembras adultas mayores					
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 6
PV (kg)	0.91	0.20	0.28	-0.21	-0.57	0.39	0.10	0.12	-0.28	-0.55
LB (cm)	0.06	-0.90	-0.35	-0.06	-0.16	0.28	0.76	-0.04	0.01	-0.42
AC (cm)	-0.80	-0.38	0.01	0.41	-0.01	-0.08	0.09	0.20	-0.90	0.13
LP (cm)	-0.20	-0.95	0.04	0.13	-0.07	0.08	0.05	0.92	-0.16	-0.13
LCR (cm)	-0.81	-0.47	0.19	-0.25	-0.35	0.15	0.46	-0.03	-0.02	-0.67
LCU (cm)	-0.31	-0.13	0.86	-0.04	-0.05	-0.30	0.07	-0.30	-0.66	-0.54
LD (cm)	0.27	0.50	-0.11	-0.73	-0.24	-0.06	-0.40	0.42	0.13	-0.53
AP (cm)	0.97	-0.15	0.08	0.16	-0.90	-0.14	0.11	0.17	0.12	-0.06
LQ (cm)	0.87	0.49	-0.03	-0.05	-0.77	0.22	-0.20	-0.02	-0.17	-0.27
LA (cm)	-0.19	-0.62	-0.01	0.67	0.10	-0.20	0.87	0.09	-0.11	0.06
LM (cm)	-0.95	-0.10	0.24	-0.02	-0.55	-0.17	0.06	0.59	0.07	-0.17
LT (cm)	0.43	0.87	-0.22	-0.02	-0.21	0.79	0.12	-0.29	0.18	-0.10
LDM (cm)	0.40	0.22	0.85	0.13	0.15	0.89	-0.11	0.21	0.05	-0.01
LC (cm)	0.30	0.34	0.01	0.89	-0.12	0.04	0.06	0.24	0.05	-0.90
Autovalor	5.41	3.96	1.83	2.12	2.34	1.91	1.82	1.74	1.47	2.46
PVE	0.39	0.28	0.13	0.15	0.17	0.14	0.13	0.12	0.11	0.18
% PVE acum	39	67	80	95	17	31	44	56	67	85

PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal PVE: proporción de varianza explicada; % PVE acum: porcentaje de la proporción de varianza explicada acumulada; CP: componente principal

En el lote adulto mayor se procedió a la rotación de los componentes seleccionados por el método Varimax, esencialmente útil cuando se observan altas correlaciones entre algunos rasgos con más de una componente. Vale decir que la rotación de los componentes, sin bien proceden del análisis factorial, su aplicación puede ser extendido al ACP, objetivando la asociación de cada componente a un conjunto de variables, indicando cargas altas para unas y bajas para otras; existiendo así, diferentes tipos de rotación -entre estos-, el Quartimax y Promax, siendo, no obstante, el Varimax, el método comúnmente empleado (Acal *et al.*, 2020). La técnica multivariada ACP permite estudiar en simultáneo, las posibles interrelaciones entre variables y reducir la dimensionalidad de los datos (Khatun *et al.*, 2022), agrupando

unidades con rasgos parecidos. En ese sentido, también es importante destacar la utilidad del empleo del ACP en estudios sobre predicción de peso en poblaciones de animales, principalmente cuando se trabaja con medidas corporales.

Cabe mencionar que, si bien en el presente trabajo fue considerado el lote total de animales adultos y adultos mayores existentes, el mismo no se exime de limitaciones debido a la reducida población de aves evaluadas, principalmente en casos donde el número de observaciones es inferior a las variables. Al respecto, Jolliffe y Cadima (2016) aducen que los componentes principales pueden ser obtenidos de igual forma, aunque, se debe prestar atención en la implicancia práctica. Igualmente, se obtuvieron informacio-

Cuadro 8. Valores propios, proporción de varianza explicada y coeficientes de correlación entre los componentes principales y los rasgos cuantitativos en rustipollos machos y hembras, adultos mayores en la segunda medición con rotación de Varimax (Paraguay)

Variable	Machos adultos mayores					Hembras adultas mayores				
	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5	CP 1	CP 2	CP 3	CP 4	CP 5
PV (kg)	-0.26	0.92	-0.24	-0.10	0.15	-0.08	0.51	0.14	-0.07	0.67
LB (cm)	-0.14	-0.06	0.21	0.96	0.04	-0.81	-0.21	0.05	-0.16	0.27
AC (cm)	0.05	0.67	-0.39	0.19	-0.60	0.12	0.13	0.90	0.11	-0.11
LP (cm)	-0.20	-0.56	-0.04	0.29	-0.75	0.87	-0.18	0.16	-0.11	0.05
LCR (cm)	-0.02	-0.18	0.96	0.18	0.12	-0.73	0.23	0.01	-0.33	0.45
LCU (cm)	0.02	0.96	0.07	-0.24	0.10	-0.32	0.24	0.20	0.16	0.66
LD (cm)	0.99	-0.03	0.05	-0.11	-0.12	-0.27	0.68	-0.28	0.21	0.13
AP (cm)	0.58	-0.26	-0.42	0.42	-0.50	-0.03	0.85	0.19	-0.19	0.12
LQ (cm)	0.69	0.12	-0.47	0.51	-0.16	-0.17	0.52	0.39	-0.66	0.19
LA (cm)	0.26	-0.07	-0.06	-0.05	-0.96	-0.20	0.10	-0.32	0.05	0.83
LM (cm)	0.58	0.75	0.19	0.21	0.12	-0.34	-0.25	0.57	-0.19	0.52
LT (cm)	0.24	-0.13	-0.08	0.94	-0.19	-0.14	-0.15	-0.09	-0.69	0.56
LDM (cm)	-0.06	-0.06	-0.99	-0.01	0.06	0.07	-0.05	0.10	0.81	0.30
LC (cm)	0.35	0.01	-0.77	0.13	-0.52	-0.64	0.32	0.06	-0.13	0.23
Autovalor	2.51	3.24	3.20	2.54	2.51	2.76	2.12	1.61	1.89	2.66
PVE	0.18	0.23	0.23	0.18	0.18	0.20	0.15	0.12	0.14	0.19
% PVE acum	18	41	64	82	100	20	35	46	60	79

PV: peso vivo; LB: longitud de barbilla; AC: ancho de cráneo; LP: longitud de pico; LCR: longitud de la cresta; LCU: longitud del cuello; LD: longitud del dorso; AP: ancho de pecho; LQ: longitud de la quilla; LA: longitud de ala plegada; LM: longitud de muslo; LT: longitud del tarso; LDM: longitud del dedo del medio; LC: longitud corporal PVE: proporción de varianza explicada; % PVE acum: porcentaje de la proporción de varianza explicada acumulada; CP: componente principal

nes útiles sobre este grupo aviar genéticamente cerrado y único en el país, basado en el enfoque estadístico bi y multivariado.

CONCLUSIONES

- En machos adultos, debido a la robusta asociación demostrada entre el PV con AC, LDM, LA, LD, LQ, AP, LP y LT, pueden ser empleados como estimaciones predictivas en procesos de selección y mejora, visualizando interés zootécnico, mientras que en edades más avanzadas se sugieren cálculos como criterios de selección entre las variables PV con LQ, LCU, además de la LB con LT; y la LQ con AP, debido a la estrechez de sus asociaciones positivas.
- Para hembras adultas, el PV no mostró la relevancia zootécnica observada en machos, siendo sin embargo asociaciones interesantes de pares entre las variables LC y LCU, AP y LD, LM y LQ, y AP y LQ, reduciendo su nivel de estrechez vinculante en la medida que estos pollos rústicos, avanzaban en edad.
- Si bien dos componentes principales mostraron elevadísima proporción de la variación acumulada en machos adultos, el clúster formado por el CP1 develó el conjunto, incluyendo las variables PV, LD, LA y LT, con mayor relevancia en esta edad. Por otro lado, en adultos mayores, el ACP fue menos robusto en la conformación de clústeres, evidenciando moderada proporción de variación explicada y requiriendo de múltiples

agrupaciones para sustentar asociaciones positivas o negativas, sugiriendo que no sería eficaz establecer modelos predictivos y estrategias de selección con estas variables corporales en aves criollas paraguayas, luego de los 20 meses de edad.

- En aves hembra de entre 12 y 18 meses de edad, el ACP mostró una gran dispersión para agrupar medidas corporales, en modo positivo o negativo. Igualmente, para hembras adultas mayores no proporcionó agrupamiento y orientación robusta para formar clústeres útiles.

Agradecimientos

A la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción (FCV/UNA). Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el Programa Nacional de Incentivo a los Investigadores (PRONII), aporte muy importante en la ejecución de esta investigación.

LITERATURA CITADA

1. **Abarca-Vargas D, Macedo-Barragán R, Arredondo-Ruiz V, Valencia-Posadas M, Ayala-Valdovinos M, Hernández -Rivera JA. 2020.** Análisis de la morfología de la cabra mestiza de la subprovincia fisiográfica Volcanes de Colima, México. *Rev Inv Vet Perú* 31: e16935. doi: 10.15381/rivep.v31i3.-16935
2. **Acal C, Aguilera AM, Escabias M. 2020.** New modeling approaches based on Varimax rotation of functional principal components. *Mathematics* 8: 1-15. doi: 10.3390/math8112085
3. **Aggarwal RAK, Kour A, Gandhi RS, Niranjana SK, Paul V, Bhutia TL, Bhutia KD. 2023.** Characterization of a unique Sikkimese yak population of India: a multivariate approach. *Trop Anim Health Prod* 55: 1-12. doi: 10.1007/s11250-023-03627-y
4. **Apaza-Zúñiga E, Cazorla-Chambi S, Condori-Carbajal C, Arpasi-Meléndez FR, Tumi- Figueroa I, Yana-Viveros W, Quispe-Coaquira JE. 2022.** La correlación de Pearson o de Spearman en caracteres físicos y textiles de la fibra de alpacas. *Rev Inv Vet Perú* 33: e22908. doi: 10.15381/rivep.v33i3.22908
5. **Bartholazzi-Junior A, David CMG, Rua MAS, González ARM, Mareto V, Matos LF, Quirino CR. 2020.** Principal component analysis of morphometric measures of horses of the Brazilian Pony breed. *Arch Zootec* 69: 470-477. doi: 10.21071/az.v69i268.5395
6. **Camargo A. 2022.** PCA test: testing the statistical significance of principal component analysis in R. *PeerJ* 10: e12967. doi: 10.7717/peerj.12967.
7. **Çelik B, Sengül T, Sögüt B, Inci H, Sengül AY, Kayaokay A, Ayasan T. 2018.** Analysis of variables affecting carcass weight of white turkeys by regression analysis based on factor analysis scores and ridge regression. *Braz J Poultry Sci* 20: 273-280. doi: 10.1590/1806-9061-2017-0574
8. **Chincoya HL, Herrera-Haro JG, Jerez Salas MP, Santacruz-Varela A, Hernández-Garay A. 2018.** Tipología de gallinas criollas en valles centrales Oaxaca con base en descriptores morfo-métricos. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo* 15: 585-593. doi: 10.22231/asyd.v15i4.901
9. **Egena SSA, Ijaiya AT, Ogah DM, Aya VE. 2014.** Principal component analysis of body measurements in a population of indigenous Nigerian chickens raised under extensive management system. *Slovak J Anim Sci* 47: 77-82.
10. **Hassan OM, Tiambo CK, Issa S, Hima K, Adamou MLI, Bakasso Y. 2020.** Morpho-biometric characterization of local chicken population in Niger. *GSC Biol Pharm Sci* 13: 211-224. doi: 10.30574/gscbps.2020.13.2.0369
11. **Jáuregui R, Flores H, Vasquez L, Oliiva MJ. 2015.** Caracterización morfo-métrica de la gallina de cuello desnudo

- (*Gallus domesticus nudecollis*) en la región Ch'ortí de Chiquimula, Guatemala. *Ciencia, Tecnología y Salud* 2: 5-12. doi: 10.36829/63cts.v2i1.42
12. **Jolliffe IT, Cadima J. 2016.** Principal component analysis: a review and recent developments. *Philos Transact A Math Phys Eng Sci* 374: 1-16. doi: 10.1098/rsta.2015.0202
 13. **Khatun R, Uddin MI, Uddin MM, Howlader MTH, Haque MS. 2022.** Analysis of qualitative and quantitative morphological traits related to yield in country bean (*Lablab purpureus* L. sweet) genotypes. *Heliyon* 8: 1-15. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e11631
 14. **Martínez-López OR, Núñez L, Castro L, Rodríguez Acosta MI, Álvarez Martínez R, Florentín A, Ramírez L, Pereira W. 2014.** Uso de correlación estadística para el estudio morfométrico de bovinos para carne: caso Pampa Chaqueño. *Compend Cienc Vet* 4: 26-32.
 15. **Martínez-López R, Correa K, Centurión-Insaurralde LM. 2022.** Análisis de variables corporales cuantitativas para determinación de dimorfismo sexual del Grupo Aviar Paraguayo denominado «Rustipollo». *Rev Cient Fac Cien Vet* 32: 1-10.
 16. **Melesse A, Tadele A, Assefa H, Taye K, Kebede T, Taye M, Betsha S. 2021.** Assessing the morphological diversity of Ethiopian indigenous chickens using multivariate discriminant analysis of morphometric traits for sustainable utilization and conservation. *Poult Sci J* 9: 61-72. doi: 10.22069/psj.2021.-18469.1644
 17. **Montes-Vergara D, Hernández-Herrera D, Carrillo-González D. 2022.** Caracterización morfológica, faneróptica y de genes dominantes de la gallina criolla *nudicollis* en Sucre, Colombia. *Rev MVZ Córdoba* 27: 1-12. doi: 10.21897/rmvz.2599
 18. **Negash F. 2021.** Application of principal component analysis for predicting body weight of Ethiopian indigenous chicken populations. *Trop Anim Health Prod* 53: 104. doi: 10.1007/s11250-020-02526-w.
 19. **R Core Team. 2023.** R: a language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Internet]. Available in: <https://www.R-project.org/>
 20. **Romera BM, Canet ZE, Di Masso RJ. 2023.** Morfometría y conformación corporal de gallinas del cruzamiento experimental de tres vías Campero Casilda. *Actas Iberoam Conserv Anim* 18: 36-39.
 21. **Rusakov DA. 2023.** A misadventure of the correlation coefficient. *Trends in Neurosciences* 46: 94-96. doi: 10.1016/j.tins.2022.09.009
 22. **Sophian A, Abinawanto A, Nisa UC, Fadhillah F. 2021.** Morphometric analysis of Gorontalo (Indonesia) native chickens from six different regions. *Biodiversitas* 22: 1757-1763. doi: 10.13057/biodiv/d220420
 23. **Tahtali Y. 2019.** Use of factor scores in multiple regression analysis for estimation of body weight by certain body measurements in Romanov Lambs. *PeerJ* 7: e7434. doi: 10.7717/peerj.7434