

Selección de cuyes futuros progenitores mediante un índice de selección que incluye rasgos productivos y morfológicos

Selection of future guinea pig parents using a selection index that includes productive and morphological traits

José Mantilla^{1*}, Itamar Idrogo¹, Joe Mantilla¹, Pablo Mendoza¹, Manuel Paredes¹

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo identificar y seleccionar cuyes machos genéticamente superiores a través de rasgos productivos y morfológicos. Se construyó un índice genético a fin de determinar el Valor Probable de Cría (PVB) para características como incremento de peso (IPT), longitud corporal (LC), perímetro torácico (PT) y conversión alimenticia (CA). Cuarenta cuyes destetados fueron alojados en jaulas individuales de acuerdo con un diseño completamente aleatorio, distribuidos en dos tratamientos, cuyes Valle Cajamarca y cuyes Valle Condebamba. Cada tratamiento con 20 repeticiones. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los indicadores IPT, LC y PT; sin embargo, los cuyes Valle Condebamba fueron más eficientes en CA respecto a los Valle Cajamarca ($p < 0.05$). Los valores de PVB parciales del 50% superior (Los 10 mejores cuyes de cada grupo) para cada carácter fue muy variable entre ambos ecotipos. El mejor valor de Índice de selección en los cuyes Valle Cajamarca fue de 1124.82 y en los cuyes Valle Condebamba, de 1158.74., donde los cuyes Valle Condebamba aportaron seis futuros reproductores y la población Valle Cajamarca aportaron con cuatro. Se concluye que los indicadores de crecimiento y el índice de selección permiten determinar los mejores cuyes machos como futuros reproductores por mérito genético a partir de dos ecotipos.

Palabras clave: rasgos productivos, rasgos morfológicos, índice de selección, cuy

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú
* Autor para correspondencia: José Mantilla; mantilla.unc.edu@gamil.com

Recibido: 30 de septiembre de 2023

Aceptado para publicación: 12 de abril de 2024

Publicado: 28 de junio 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

ABSTRACT

The study aimed to identify and select genetically superior male guinea pigs through productive and morphological traits. A genetic index was constructed to determine the Probable Breeding Value (PVB) for characteristics such as weight gain (IPT), body length (CL), thoracic perimeter (PT) and feed conversion (CA). Forty weaned guinea pigs were housed in individual cages according to a completely randomized design, distributed in two treatments, Valle Cajamarca guinea pigs and Valle Condebamba guinea pigs. Each treatment with 20 repetitions. No significant differences ($p>0.05$) were found in the IPT, LC and PT indicators; however, the Condebamba Valley guinea pigs were more efficient in AC compared to the Cajamarca Valley ($p<0.05$). The partial PVB values of the top 50% (The 10 best guinea pigs in each group) for each trait were highly variable between both ecotypes. The best Selection Index value in the Cajamarca Valley guinea pigs was 1124.82 and in the Condebamba Valley guinea pigs, was 1158.74, where the Condebamba Valley guinea pigs provided six future reproducers and the Cajamarca Valley population contributed four. It is concluded that the growth indicators and the selection index allow to determine the best male guinea pigs as future breeders based on genetic merit from two ecotypes.

Key words: productive traits, morphological traits, selection index, guinea pig

INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) fue domesticado hace más de 3000 años en los Andes de América del Sur a partir de cuyes silvestres (*Cavia tschudii*) y fue el primer roedor criado para consumo humano (Pigiore *et al.*, 2012; Kimura *et al.*, 2016). En el Perú, Cajamarca es la región que tiene la mayor población de cuyes (INEI, 2012), mayormente en las provincias de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba, aunque en pequeñas granjas, de las cuales el 90% no superan los 100 cuyes (Ortiz-Oblitas *et al.*, 2021). En estos pequeños criaderos, los reproductores se mantienen hasta los dos años de edad y luego son reemplazados con cuyes del propio plantel, sin considerar las características de importancia económica ni menos su valor de cría, lo cual sucede también con los cuyes traídos periódicamente de otras granjas, usados para evitar en cierto grado la consanguinidad (Mantilla *et al.*, 2022).

Uno de los problemas más importantes en animales autóctonos con pequeñas poblaciones es el aumento de la consanguinidad (Mastrangelo *et al.*, 2016). La gran variabilidad genética del cuy ha ido disminuyendo con el tiempo debido a la búsqueda intensiva de ecotipos de alta productividad (Chauca, 2018), dado el interés por la cría de cuyes por ser una fuente de proteína animal de alta calidad para el consumo humano, además de proporcionar un ingreso económico pequeño pero frecuente para el criador (Sánchez-Macías *et al.*, 2018). En esa dirección, la mejora del rendimiento de los animales en crecimiento, evitando el excesivo empadre consanguíneo, permite el mejoramiento de la actividad productiva (Tsheten *et al.*, 2023). Asimismo, la determinación del valor de cría expresado por caracteres de importancia económica debe ser el objetivo general de los programas de mejoramiento (Pascual *et al.*, 2017), con una selección de múltiples rasgos mediante un índice de selección, pero evitando la introducción de rasgos indeseables que se pre-

sentan cuando algunas características benéficas se correlacionan en la misma dirección con caracteres no deseados (Hirooka *et al.*, 2019).

Al ser el objetivo primordial de los programas de cría de animales domésticos el aumento de la idoneidad del biotipo para uso futuro, previsto y medible por su mérito genético (Wellmann, 2023), se podría determinar el mérito total de un animal mediante una función no lineal del fenotipo (Smith y Allaire, 1985). Por tanto, los programas de cría deben tener como objetivo aumentar el mérito total promedio de los animales, que también se denomina beneficio de la raza, y que se obtiene integrando la función de mérito total sobre la distribución de probabilidad de los rasgos de importancia económica (Hovenier *et al.*, 1993; Von Rohr *et al.*, 1999). La función de beneficio dependerá de varios parámetros o de las medias de los rasgos, por lo que, el programa de cría en la granja de cuyes podría adoptar una política para seleccionar animales, utilizando el método del valor de cría o índice de selección, que refleja una función de los valores genéticos estimados de un animal y predice el efecto de usar ese animal de cría en beneficio de la especie cuando el apareamiento es aleatorio (Goddard, 1983). Tal podría ser el caso de los cuyes machos que se introducen indistintamente en una poza de empadre, en la que se aparean con un grupo de hembras. Esto podría permitir que la ganancia del biotipo cambie con el tiempo a medida que avanza el programa de mejoramiento (Rutten *et al.*, 2002).

Se enfatiza que, los objetivos representativos y apropiados del mejoramiento genético son la base para construir índices de selección eficientes (Sánchez-Guerrero *et al.*, 2017). Los rasgos medibles en los programas de cría de pequeñas granjas de cuyes incluyen el peso vivo y la eficiencia alimenticia, además de características morfológicas como la longitud corporal y el perímetro torácico. En tal sentido, se construyó un índice de selección con datos de campo para

situaciones en las que los valores precisos de mejoramiento mediante el *Best Linear Unbiased Predictor* (BLUP) o la genómica de los rasgos no están disponibles en lugar y tiempo para la selección. Por tanto, los métodos utilizados en el presente estudio y los resultados obtenidos podrían aplicarse fácilmente por los microempresarios de cuyes, permitiendo una operación eficiente de los programas de mejora genética en sistemas de crianza con información mínima. Ante tal situación, la presente investigación tuvo por objetivo usar los datos de rasgos productivos y morfológicos del cuy para construir un índice de selección, útil para evaluaciones genéticas y selección de los animales machos como futuros reproductores, influyentes en el progreso genético de cuyes ecotipo Valle Cajamarca y valle Condebamba.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Estudio

El estudio se llevó a cabo en la granja de cuyes del Centro de Investigación Pecuaria Huayrapongo de la Universidad Nacional de Cajamarca (CIPH-UNC). La granja se encuentra ubicada en el distrito Baños del Inca, provincia y región Cajamarca, Perú, a una altitud de 2667 msnm, con temperaturas máxima de 21 °C y mínima de 7 °C. La fase experimental abarcó el periodo comprendido entre enero y abril de 2023.

Animales, Alojamiento y Alimentación

Cuarenta cuyes machos de 22.6 ± 4.9 días de edad y procedentes de dos regiones de Cajamarca fueron seleccionados por peso corporal al destete, por pertenecer a camadas mayores de 3 y por provenir de madres de 2 partos. Se seleccionaron 20 cuyes destetados de reproductoras de la granja (Valle de Cajamarca) y 20 cuyes destetados de reproductoras introducidas del valle Condebamba. Los cuyes seleccionados se distribuyeron según diseño aleatorio en dos tratamien-

tos y 20 repeticiones, en jaulas metálicas individuales de 45 x 50 x 45 cm (largo x ancho x altura), donde permanecieron por un periodo de 10 semanas. Se consideraron como tratamientos las dos procedencias y cada cuy como una unidad experimental. La alimentación fue *ad libitum* con forraje verde (FV) de alfalfa (Materia seca [MS]: 23.8%), suministrado por la mañana y la tarde (08:00 y 16:00 h) y pienso a razón de 20 g/cuy/día suministrado al medio día. El pienso contenía 88.7% MS, 17.8% de proteína cruda, Ca 0.8% y P 0.8%.

Variables en Estudio

El peso inicial (PI) de los gazapos fue determinado después de siete días de acostumbramiento al sistema de alojamiento individual. Luego de 10 semanas de evaluación se determinó el peso final (PF), utilizándose una balanza eléctrica de precisión KERN (capacidad 4 kg; precisión: 0.01 g). Se controló el alimento suministrado y rechazado por día para calcular el consumo de alimento en términos de materia seca (CMS) por día y por cuy. Para los caracteres largo del animal y perímetro torácico, los controles se realizaron al inicio y al final del experimento. El incremento de peso total (IPT) correspondió a la diferencia entre PF y PI. La ganancia media diaria (GMD) fue igual al IPT sobre 70. El ratio de conversión alimenticia (CA) se determinó para toda la fase experimental dividiendo el CMS/cuy/etapa sobre el IPT. La longitud corporal (LC) se midió desde la punta de la nariz hasta la altura de la última vértebra coccígea y el perímetro torácico (PT) fue medido a la altura del costillar y por debajo de los brazos y pecho; en ambos casos se utilizaron cintas milimetradas.

Determinación del Mérito Genético

Se determinó el índice de selección de manera individual de los 40 cuyes candidatos a ser seleccionados como futuros reproductores. El índice estuvo constituido por la

conjunción de los valores de cría o mérito genético «PBV» de los cuatro caracteres de importancia IPT, LC, PT y CA.

El Índice de selección valor probable de cría o mérito genético (ISPBV) fue determinado para convertir objetivos de mejoramiento de rasgos múltiples en índices de selección operativos, con la siguiente fórmula: $ISPBV = PBV_{IPT} + PBV_{LC} + PBV_{PT} - PBV_{CA}$, donde PBV_{IPT} : Valor probable de cría para el carácter incremento de peso total, PBV_{LC} : Valor probable de cría carácter largo del animal, PBV_{PT} : Valor probable de cría carácter perímetro torácico, PBV_{CA} : Valor probable de cría carácter conversión alimenticia

Los valores de cría o «PBV» de los cuatro caracteres (IPT, LC, PT y CA) fueron calculados utilizando la siguiente fórmula general: $PBV_C = Pic + h^2(P_i - Pic)$ (Muller *et al.*, 2021), donde PBV_C : Valor probable de cría o mérito genético del carácter. Pic: Valor promedio del carácter de los contemporáneos del individuo a seleccionar, P_i : Valor promedio del individuo a seleccionar, h^2 : Heredabilidad del carácter del genotipo del individuo en base a su propio fenotipo.

Las heredabilidades (h^2) consideradas fueron 0.40, 0.45, 0.40 y 0.40 para los caracteres IPT, PF, LC, PT y CA, respectivamente, tomando información de la literatura científica (Rosales *et al.*, 2019; Rubio, 2018; Cedano-Castro *et al.*, 2020; Mantilla *et al.*, 2022). Dado que no se dispone de datos sobre valores de heredabilidad para el ratio de conversión alimenticia, se utilizaron los valores publicados para el conejo (Piles y Sánchez, 2019). Finalmente, la obtención de los valores individuales de los IS_{PBV} permitió realizar el ranking general de la totalidad de los cuyes machos evaluados, ranking de machos seleccionados por procedencia, identificación del 50% superior por procedencia y del experimento, que han de constituir los futuros reproductores del plantel.

Análisis Estadístico

Los datos correspondientes a los rasgos productivos y morfológicos fueron evaluados mediante diseño completamente aleatorio. Los análisis se realizaron en el software SAS (2014). Valores de probabilidad $p > 0.05$ indicaron diferencias estadísticas entre tratamientos. También se determinó los coeficientes de correlación entre indicadores de crecimiento.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rasgos productivos y morfológicos

El Cuadro 1 muestra los valores promedios de PI, PF, IPT, GMD, LC, PT, CMS y CA. Se observan medias de PF, IPT, GMD y LC estadísticamente similares ($p > 0.05$) entre los dos ecotipos en estudio. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) en el indicador PT inicial con valores de 16.38 ± 0.03 y 17.75 ± 0.05 cm a fa-

vor de los cuyes Valle Condebamba, aunque a las 10 semanas fueron similares ($p > 0.05$). Se encontraron diferencias ($p < 0.01$) en los indicadores de CMS a favor de los cuyes Cajamarca y en el índice de CA a favor de los cuyes Valle Condebamba.

Considerando que la conversión alimenticia mide la eficiencia en términos de consumo y ganancia de peso, los resultados permiten inferir que aun cuando no se encontraron diferencias estadísticas en los incrementos de peso corporal, los cuyes Condebamba son mejores convertidores de alimento a masa corporal, y consumen menores cantidades de alimento para lograr los mismos incrementos, lo que repercutiría en menores costos de alimentación. Del mismo modo, teniendo en cuenta que este trabajo está orientado a determinar diferencias en los indicadores de crecimiento con relación a la procedencia, los resultados obtenidos llevan a concluir que las diferencias entre los ecotipos Valle Cajamarca y Valle Condebamba están referidas a la eficiencia alimenticia a favor de los cuyes Valle

Cuadro 1. Medias \pm desviación estándar de los rasgos productivos y morfológicos de cuyes machos de dos procedencias de la Región Cajamarca, Perú, evaluados durante 70 días después del destete

	Valle Cajamarca	Valle Condebamba	Valor p
Rasgos productivos			
Peso inicial (g)	479.95 \pm 2.66	457.35 \pm 4.40	0.581
Peso final (g)	1414.45 \pm 3.80	1433.85 \pm 5.50	0.705
Incremento de peso total (g)	934.50 \pm 3.62	976.5 \pm 3.07	0.292
Ganancia media diaria (g)	13.35 \pm 0.05	13.95 \pm 0.04	0.447
Consumo de alimento (g de MS/periodo)	4368.97 \pm 0.70	4124.49 \pm 1.93	0.045
Consumo de alimento (g de MS/día)	62.40 \pm 0.10	58.92 \pm 0.03	0.045
Conversión alimenticia	4.67 \pm 0.02	4.22 \pm 0,03	0.039
Rasgos morfológicos			
Longitud corporal inicial (cm)	23.88 \pm 0.06	25.79 \pm 0.28	0.094
Longitud corporal final (cm)	36.90 \pm 0.04	37.00 \pm 0.04	0.271
Perímetro torácico inicial (cm)	16.38 \pm 0.03	17.75 \pm 0.05	0.043
Perímetro torácico final (cm)	23.50 \pm 0.04	23.35 \pm 0,05	0.738

Valor $p \leq 0.05$ indica diferencias estadísticas entre medias de rasgos

Condebamba, mas no al incremento de peso corporal.

En este sentido, se obtuvieron pesos finales de cuyes a las 8 semanas de 801.9 ± 1.54 g (Mantilla, 2012). Asimismo, Saucedo *et al.* (2018), teniendo como objetivo la selección de reproductores machos a través de índices genéticos utilizando cuyes Valle Cajamarca y Valle Condebamba, lograron respectivamente GMD de 17.6 y 16.4 g y PF de 1328 y 1207 g, en tanto que Mantilla *et al.* (2022), cruzando progenitores superiores (*Outcrossing*) para la obtención de descendencia masculina cruzada seleccionada por índices de mérito genético, lograron incrementos de peso que fluctuaron desde 828 hasta 933 g en cuyes Valle Cajamarca y Valle Condebamba.

Son pocos los trabajos orientados a evaluar rasgos morfológicos asociados con los caracteres de importancia económica como son los pesos corporales. Saucedo *et al.* (2018), trabajando con cuyes Valle Condebamba y Valle Cajamarca evaluó el PF, IPT, LC y la CA, mas no PT, construyendo índices genéticos con fines de selección según ranking de los mejores cuyes reproductores por mérito genético. Asimismo, Mantilla *et al.* (2022) trabajando con gazapos cruzados Valle Cajamarca x Valle Condebamba inclu-

yó por primera vez en el índice de selección el PT adicionalmente al IPT, LC y CA, considerando que el PT podría ser una medida de amplitud corporal, importante en la mayor producción de carne. En el presente estudio se evaluó como caracteres de importancia al IPT, LC, PT y CA bajo condiciones del valle de Cajamarca, siendo ante esto, la importancia de la determinación de coeficientes de correlación entre los rasgos productivos y morfológicos del cuy para conocer la intensidad de la relación lineal entre dos caracteres. Los coeficientes de correlación de los caracteres evaluados en estos se muestran en el Cuadro 2.

Valores de LC son reportados por Saucedo *et al.* (2018), que van desde 22.4 a 26.8 cm inicialmente hasta el rango de 34.3 a 36.6 cm luego de 8 semanas experimentales. Por su parte, Mantilla *et al.* (2022) reportaron datos de LC inicial y final de 21.8 a 23.6 cm y de 33.1 a 36.3 cm, respectivamente. En el presente trabajo se encuentran valores iniciales de 23.8 a 25.7 cm y finales de 36.9 a 37.0 cm. En todos los casos, las diferencias son mínimas respecto a los datos de LC hallados en la presente investigación, pudiendo concluir que los cuyes Valle Cajamarca respecto a los cuyes Valle Condebamba tienen similar longitud corporal al destete y a la edad de empadre. En cuanto a los valores de perí-

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre rasgos productivos y morfológicos de cuyes machos ecotipos Valle Cajamarca y Valle Condebamba luego de 70 días de evaluación pre-empadre (n=20 por ecotipo)

Ecotipo	Variable	Conversión alimenticia	Longitud corporal	Perímetro torácico
Valle Cajamarca	Incremento de peso	-0.4718*	0.8173**	0.8142**
	Conversión alimenticia		-0.6438**	-0.3817
	Longitud corporal			0.2716
Valle Condebamba	Incremento de peso	-0.5477*	0.7819**	0.6247**
	Conversión alimenticia		-0.6026**	-0.4725*
	Longitud corporal			0.3774

* Correlación media (p<0.05).

** Correlación alta (p <0.01)

metro torácico, Mantilla *et al.* (2022) reporta valores de PT inicial de 14.7 a 14.9 cm y PT final de 22.9 a 25.0 cm, diferentes a los valores encontrados en el presente estudio, de 16.38 a 17.75 cm al inicio, relativamente mayores debido al peso de inicio también mayor, pero al final de la evaluación por procedencia, los valores de PT fueron similares para los dos valles. Por tanto, no existen diferencias para este carácter según la procedencia. También mostraron una misma profundidad torácica al destete y a la edad de inicio del empadre.

Merito Genético e Índices de Selección

Los valores encontrados de Valor Probable de Cría o Probable Breeding Value (PBV) o Merito Genético, para cada característica de importancia considerada, diferenciados por procedencia del 25% superior de cuyes reproductores machos (10 de 40) se muestran en el Cuadro 3.

En la población Valle Cajamarca, los PBV para incremento de peso total (PBV_{PT}) fluctuaron desde 965.34 a 1068.97 g (mejor reproductor), mientras que para población Valle Condebamba fueron entre 982.65 a 1101.92 g, valores que indican la superioridad para ese carácter del reproductor selec-

cionado, que se atribuye al aspecto genético, comparado al promedio del grupo de contemporáneos y que se espera transmita a su descendencia. Los valores de PBV para longitud del cuerpo (PBV_{LC}) fueron de 36.52 a 37.36 cm en población Valle Cajamarca mientras que en Valle Condebamba los valores fluctuaron desde 36.58 a 37.42 cm. Para el carácter perímetro torácico (PBV_{PT}) los valores tuvieron rangos de 22.87 a 23.74 cm y de 22.78 a 24.04 cm, respectivamente, en cuyes Valle Cajamarca y Valle Condebamba; mientras que para la conversión alimenticia (PBV_{CA}) los rangos fueron desde 4.82 a 4.49 unidades y de 4.54 a 3.95 para Valle Cajamarca y el Valle Condebamba, respectivamente.

Cuadro 3. Mérito genético de acuerdo con índices de selección de cuyes machos futuros progenitores top 10 según procedencia

Orden de Mérito	Índice de selección	Procedencia (Valle)
1	1158.7	Condebamba
2	1124.8	Cajamarca
3	1108.4	Condebamba
4	1101.2	Cajamarca
5	1097.4	Condebamba
6	1091.3	Condebamba
7	1063.9	Condebamba
8	1051.7	Cajamarca
9	1038.3	Condebamba
10	1020.1	Cajamarca

CONCLUSIONES

- La evaluación de los rasgos productivos y morfológicos del cuy en crecimiento permitió construir un índice de selección con el cual se estableció el mérito genético de cuyes machos, futuros progenitores de dos ecotipos de la Región Cajamarca.
- Los rasgos morfológicos longitud corporal y perímetro torácico tienen una correlación alta con el incremento de peso de los cuyes de ambos ecotipos.
- La correlación entre la eficiencia alimenticia y el perímetro torácico de los cuyes Condebamba fue media y de los cuyes Cajamarca fue baja.

LITERATURA CITADA

1. **Cedano-Castro JI, Jiménez R, Huamán A, Fuerst-Waltl B, Wurzinger M, Gutiérrez G. 2020.** Estimation of genetic parameters for four Peruvian guinea pig lines. *Trop Anim Health Prod* 53: 34. doi: 10.1007/s11250-020-02473-6
2. **Chauca. 2018.** Crianza de cuyes. Instituto de Innovación Agraria. Lima, Perú. 80 p.

3. **Goddard ME. 1983.** Selection indices for non-linear profit functions. *Theor Appl Genet* 64: 339-344.
4. **Hirooka H. 2019.** Economic selection index in the genomic era. *J Anim Breed Genet* 136: 151-152. doi: 10.1111/jbg.12390
5. **Hovenier R, Brascamp EW, Kanis E, Van der Werf JHJ, Wassenberg APAM. 1993.** Economic values of optimum traits: the example of meat quality in pigs. *J Anim Sci* 71: 1429-1433. doi: 10.2527/1993.7161429x
6. **[INEI] Instituto Nacional de Estadística e Informática. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012.** Lima, Perú. [Internet]. Disponible en: <http://censos.inei.gob.pe/Cenagro/redatam>
7. **Kimura BK, LeFebvre MJ, deFrance SD, Knodel HI, Turner MS, Fitzsimmons NS, Fitzpatrick SM, et al. 2016.** Origin of pre-Columbian guinea pigs from Caribbean archeological sites revealed through genetic analysis. *J Archaeol Sci* 5: 442-452. doi: 10.1016/j.jasrep.2015.12.012
8. **Mantilla J, Valdez E, Mantilla JC, Paredes M, Mustafa A. 2022.** *Rev Inv Vet Perú* 33: e23787. doi: 10.15381/rirep.v33i5.23787
9. **Mantilla JA. 2012.** Diferenciación reproductiva, productiva y molecular de cuyes nativos de la región Cajamarca. Tesis Doctoral. Perú: Univ. Nacional de Cajamarca. 136 p.
10. **Mastrangelo S, Tolone M, Di Gerlando R, Fontanesi L, Sardina MT, Portolano B. 2016.** Genomic inbreeding estimation in small populations: evaluation of runs of homozygosity in three local dairy cattle breeds. *Animal* 10: 746-754. doi: 10.1017/S1751731115002943
11. **Mueller JP, Getachew T, Rekik M, Rischkowsky B, Abate Z, Wondim B, Haile A. 2021.** Converting multi-trait breeding objectives into operative selection indexes to ensure genetic gains in low-input sheep and goat breeding programmes. *Animal* 15: 100198. doi: 10.1016/j.animal.2021.100198
12. **Ortiz-Oblitas P, Florián-Alcántara A, Estela-Manrique J, Rivera-Jacinto M, Hobán-Vergara C, Murga-Moreno C. 2021.** Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la Región Cajamarca, Perú. *Rev Inv Vet Perú* 32: e20019. doi: 10.15381/rirep.v32i2.20019
13. **Pascual M, Cruz DJ, Blasco A. 2017.** Modeling production functions and economic weights in intensive meat production of guinea pigs. *Trop Anim Health Prod.* 49: 1361-1367. doi: 10.1007/s11250-017-1334-4
14. **Pigière F, Van Neer W, Ansieau C, Denis M. 2012.** New archaeozoological evidence for the introduction of the Guinea pig to Europe. *J Archaeol Sci* 39: 1020-1024. doi: 10.1016/j.jas.2011.11.021
15. **Piles M, Sánchez JP. 2019.** Use of group records of feed intake to select for feed efficiency in rabbit. *J Anim Breed Genet* 136: 474-483. doi: 10.1111/jbg.12395
16. **Rosales CJ, Nieto PE, Ceró AE, Guevara GE. 2019.** Heredabilidades de rasgos de crecimiento de dos sublíneas de cuyes nativos de la sierra ecuatoriana. *Rev Prod Anim* 31: 27-33.
17. **Rubio PG. 2018.** Estimación de parámetros fenotípicos y genéticos para medidas de carcasa en cuyes (*Cavia porcellus*) del genotipo Cieneguilla. Tesis Doctoral. Lima, Perú: Univ. Nacional Agraria La Molina. 55 p.
18. **Rutten MJM, Bijma P, Woolliams JA, Van Arendonk JAM. 2002.** SelAction: software to predict selection response and rate of inbreeding in livestock breeding programs. *J Hered* 93: 456-458. doi: 10.1093/jhered/93.6.456
19. **Sánchez-Guerrero MJ, Cervantes I, Molina A, Gutiérrez JP, Valera M. 2017.** Designing an early selection morphological linear traits index for dressage in the Pura Raza Español horse. *Animal* 11: 948-957. doi: 10.1017/S1751731116002214

20. **Sánchez-Macías D, Barba-Maggi L, Morales-de la Nuez A, Palmay-Paredes J. 2018.** Guinea pig for meat production: a systematic review of factors affecting the production, carcass and meat quality. *Meat Sci* 143: 165-176. doi: 10.1016/j.meatsci.2018.05.004
21. **Saucedo J, Quispe H, Mantilla J. 2018.** Selección por mérito genético en *Cavia porcellus* para reproducción en función al índice de selección. *Rev Inv Vet Perú* 29: 1303-1309 doi: 10.15381/rivep.v29i4.15180
22. **Smith SP, Allaire FR. 1985.** Efficient selection rules to increase non-linear merit: application in mate selection. *Genet Sel Evol* 17: 387-406.
23. **Tsheten G, Fuerst-Waltl B, Pfeiffer C, Sölkner J, Bovenhuis H, Mészáros G. 2023.** Inbreeding depression and its effect on sperm quality traits in Pietrain pigs. *J Anim Breed Genet* 140: 653-662. doi: 10.1111/jbg.12816
24. **Von Rohr P, Hofer A, Künzi N. 1999.** Economic values for meat quality traits in pigs. *J Anim Sci* 77: 2633-2640. doi: 10.2527/1999.77102633x
25. **Wellmann R. 2023.** Selection index theory for populations under directional and stabilizing selection. *Genet Sel Evol* 55: 10-26. doi: 10.1186/s12711-023-00776-4