

Outcrossing y selección de cuyes mejorados de la región Cajamarca para producir descendencia superior con altos índices de mérito genético

Outcrossing and selection of improved guinea pigs from the Cajamarca region
to produce superior offspring with high indexes of genetic merit

José Mantilla¹, Eduar Valdez¹, Joe Mantilla¹, Manuel Paredes^{1,3} Arif Mustafa²

RESUMEN

El estudio tuvo como objetivo establecer una práctica de mejoramiento genético de cuyes basado en el *outcrossing* y selección por mérito genético en el Centro de Producción de Genética Superior (CENPROGEN-SUP), ubicado en el valle de Condebamba, región Cajamarca, Perú. Los progenitores de los cuyes evaluados procedieron de los valles interandinos de Cajamarca (cuyes FICP) y de Condebamba (cuyes Mangallana y cuyes Cholocal). El crecimiento de la descendencia de los cuatro cruces se evaluó bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación. Se trabajó con 80 cuyes machos cruzados recién destetados (*outcross*) y seleccionados a partir de los cruzamientos de machos Mangallana con hembras FICP puras (MFp), machos Mangallana con hembras FICP cruzadas (MFc), machos FICP puros con hembras Cholocal (FpC) y machos FICP cruzados con hembras Mangallana (FcM). En general, el cruce MFp obtuvo el mayor peso promedio al destete (352.1 g), ganancia de peso (16.7 g/día), longitud corporal (36.3 cm) y perímetro torácico (24.9 cm) a los 70 días de edad, seguido del cruce MFc. No hubo diferencias en conversión alimenticia entre grupos. Se concluye que el *outcrossing* entre reproductores superiores y la posterior selección de su descendencia para caracteres de importancia económica permite obtener descendencias de machos cruzados genéticamente superiores.

Palabras clave: *outcrossing*, mérito genético, selección, cuyes machos

¹ Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias, Universidad Nacional de Cajamarca, Perú

² McGill University, Macdonald Campus, St-Ann-De-Bellevue, QC, Canada

³ E-mail: mparedes@unc.edu.pe

Recibido: 15 de octubre de 2021

Aceptado para publicación: 12 de julio de 2022

Publicado: 27 de octubre de 2022

©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 establish a practice of genetic improvement of guinea pigs based on outcrossing and selection by genetic merit at the Superior Genetics Production Centre (CENPROGEN-SUP), located in the Condebamba valley, Cajamarca region, Peru. The parents of the guinea pigs evaluated came from the inter-Andean valleys of Cajamarca (FICP guinea pigs) and Condebamba (Mangallana guinea pigs and Cholocal guinea pigs). The growth of the offspring of the four crosses was evaluated under the same management and feeding conditions. A total of 80 recently weaned crossbred male guinea pigs (outcross) and selected from the crosses of Mangallana males with pure FICP females (MFp), Mangallana males with crossbred FICP females (MFc), pure FICP males with Cholocal females (FpC) and FICP males crossed with Mangallana females (FcM) were used in the study. In general, the MFp cross obtained the highest average weight at weaning (352.1 g), weight gain (16.7 g/day), body length (36.3 cm) and chest circumference (24.9 cm) at 70 days of age, followed by the MFc cross. There were no differences in feed conversion between groups. It is concluded that outcrossing between superior breeders and the subsequent selection of their offspring for traits of economic importance allows obtaining offspring of genetically superior crossbred males.

Key words: outcrossing, genetic merit, selection, male guinea pigs

INTRODUCCIÓN

El mejoramiento genético ha permitido la obtención de animales con mejores indicadores de crecimiento, aunque se ha perdido rusticidad y fertilidad (FAO, 2007). Sin embargo, el índice de selección de rasgos múltiples permite aumentar la eficiencia económica de los criadores a diferencia de la selección de un solo rasgo que podría generar cambios no deseables (Hirooka, 2006). Los índices de selección permiten determinar méritos genéticos cercanos al rasgo óptimo y sobre todo en entornos altamente heterogéneos (Martin-Collado *et al.*, 2016). El mérito genético de muchas especies productivas se ha ido incrementando mientras que la diversidad genética ha disminuido; sin embargo, estas dos características pueden avanzar en paralelo en un escenario de restricción para la tasa de consanguinidad (Eynard *et al.*, 2018). Cruzamientos como el tipo *outcrossing* permite el apareamiento entre animales no relacionados, el cual puede servir para restaurar la diversidad genética y para superar una alta prevalencia de trastornos genéticos (Windig y Doekes, 2018).

La producción de cuyes (*Cavia porcellus*) en el Perú no está al margen del trabajo genético a fin de alcanzar competitividad en el sector cárnico. El Instituto Nacional de Innovación Agraria ha logrado afianzar y promover los genotipos Perú, Inti y Andina de buenas características productivas y reproductivas (Chauca *et al.*, 2004). La Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias (FICP) de la Universidad Nacional de Cajamarca (UNC), mediante programas de selección ha obtenido cuyes mejorados Ecotipo Cajamarca que superan los 800 g de peso a las 8 semanas de edad y ganancia media diaria (GMD) mayor a 15 g/animal/día (Mantilla, 2012; Sangay, 2018; Saucedo *et al.*, 2018).

En el valle Condebamba, localizado al sur del valle de Cajamarca, existen asociaciones de productores de cuyes que comercializan más de 21 000 cuyes por semana (INEI, 2012). Asimismo, en esta zona se ha determinado que 347 criadores mantienen una población de 70 mil cuyes (Ortiz-Oblitas *et al.*, 2021), convirtiéndose la crianza de cuyes en una actividad económica importante del

sector agropecuario del valle Condebamba. De otro lado, debido a que los cuyes progenitores en la granja tienen un corto periodo de actividad reproductiva, que oscila entre 1 a 2 años; deben ser reemplazados con cuyes del propio plantel, y periódicamente con cuyes de otras granjas a fin de evitar la excesiva consanguinidad. Sin embargo, es práctica común en los productores de cuyes la selección y cruzamiento de los reproductores sin considerar características de importancia económica, ni tratar de determinar su valor de cría o mérito genético.

En el valle de Cajamarca se cuenta con cuyes ecotipo Cajamarca, los que son denominados cuyes FICP por la FICP-UNC (Mantilla, 2012; Culqui, 2018; Paredes *et al.*, 2020). Del mismo modo, se introducen cuyes de diversas procedencias, siendo necesario la aplicación de programas y estrategias de cruzamiento como el «outcrossing» y la selección por mérito genético para caracteres de importancia económica, analizando la interrelación genética entre crecimiento, ingesta de alimento, eficiencia alimenticia y morfología corporal (Nielsen y Korsgaard, 2006), lo cual también elimina la amenaza de la endogamia. Es posible que los últimos años haya disminuido el mérito genético aditivo para características de salud, con aumento de la consanguinidad, de allí el interés que ha despertado el *outcrossing* (Goyard *et al.*, 2008), para obtener líneas comerciales con marcada heterosis, que es la superioridad individual alcanzada por el cruce entre progenitores no emparentados, sobre la media de la población progenitora (Bryden *et al.*, 2004). Por otro lado, se conoce que el *outcrossing* y entrecruzamientos pueden generar 100% de heterosis, la cual se llega a estabilizar en cerca de 70% luego de las primeras descendencias (Ocampo y Cardona, 2013). En consecuencia, el presente trabajo, tuvo por objetivo demostrar que el *outcrossing* y la selección por mérito genético pueden constituir herramientas indispensables para producir cuyes reproductores machos superiores en granjas comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El estudio se realizó en la granja de cuyes de CENPROGEN-SUP, empresa privada ubicada en el caserío Mangallana, distrito de Condebamba, provincia de Cajabamba, región Cajamarca, Perú, a 2024 msnm. La zona presenta una temperatura ambiental anual de 16-18 °C y humedad relativa de 70-80%.

Características de los Progenitores

El plantel de reproductores de CENPROGEN-SUP está conformado por animales procedentes de dos valles interandinos: Condebamba y Cajamarca. Los reproductores del valle Condebamba fueron adquiridos de granjas de los caseríos Mangallana y Cholocal; además, CENPROGEN cuenta con reproductores adquiridos de la granja experimental de cuyes de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias de la Universidad Nacional de Cajamarca (GEC-FICP), ubicada en el valle de Cajamarca, los cuales son denominados cuyes FICP, y son animales genéticamente puros o cruzados. Al respecto, Sangay (2018) describe la obtención del cruce de hembras FICP x machos INIA, realizado en la GEC-FICP. Asimismo, Culqui (2018) reporta la evaluación de la descendencia de cruzamientos directos y recíprocos entre reproductores FICP x INIA. Por tanto, los reproductores FICP puros fueron obtenidos por el cruzamiento de macho FICP x hembra FICP, y los reproductores FICP cruzados contienen sangre de cuyes FICP e INIA.

Los progenitores del plantel cuyes de la granja de CENPROGEN SUP se encuentran debidamente identificados, realizándose una permanente selección. Las madres de plantel son seleccionadas por peso corporal y admitidas como progenitoras por tamaño de camada al destete en el tercer parto, y se

las distribuye por poza según sus características, siendo apareadas a razón de 6 hembras por 1 macho. Los machos reproductores son preseleccionados al destete por peso corporal, luego son sometidos a un desafío alimenticio durante 60 días y de acuerdo con los resultados de velocidad de crecimiento y peso a las 10 semanas de edad, largo del animal y conversión alimenticia se selecciona el 50% superior.

Características de los Cuyes

Se utilizaron 80 cuyes machos cruzados destetados distribuidos en cuatro tratamientos a base de descendencias cruzadas (20 gazapos por grupo):

- MFp, cruce de machos Mangallana con hembras FICP puras.
- MFc, cruce de machos Mangallana con hembras FICP cruzadas.
- FpC, cruce de machos FICP puros con hembras Cholocal.
- FcM, cruce de machos FICP cruzados con hembras Mangallana.

Los gazapos destetados, obtenidos por *outcrossing* y evaluados en el presente estudio fueron seleccionados de las madres 50% superior de su respectivo grupo. Cada grupo de progenitores contaba con 60 madres, alojadas en 10 pozas, cada poza con 6 madres y un macho. Por tanto, solo la descendencia de las 30 mejores madres fue considerada. El número de gazapos machos que se tuvo a disposición para la presente evaluación, procedentes de las 30 mejores madres de cada cruce fue: 45 MFp, 48 MFc, 43 FpC y 41 FcM. Veinte gazapos machos de cada grupo de progenitores con las mejores expresiones de peso formaron parte de la fase experimental del presente estudio. El promedio de peso inicial de los 80 cuyes de 14 días en evaluación de 14 días de edad fue de 319.3 ± 7.6 g.

Manejo y Evaluación del Crecimiento

Los cuyes destetados MFp, MFc, FpC y FcM fueron alojados en jaulas individuales de 45 x 50 x 45 cm (largo x ancho x altura)

durante 56 días de evaluación. La alimentación fue *ad libitum* con forraje verde (FV) de alfalfa (Materia seca [MS]: 23.5%), suministrado a las 08:00 y 16:00 h y pienso a razón de 20 g/cuy/día suministrado al medio día. El pienso contenía 87.8% MS, 17.6% proteína cruda, Ca 0.9% y P 0.7%. Se controló el alimento suministrado y rechazado por día para calcular el consumo de alimento en MS (CMS) por día y por cuy.

Los cuyes fueron pesados a los 14 días (peso de destete, PD) y 70 días de edad (PF) en una balanza eléctrica de precisión KERN (capacidad 4 kg; precisión: 0.01 g). El incremento de peso total (IPT) correspondió a la diferencia entre PF y PD. La ganancia media diaria (GMD) fue el IPT diario. La longitud corporal (LC) se midió a los 70 días de edad, desde la punta de la nariz hasta la altura de la última vértebra coccígea y el perímetro torácico (PT) fue medido a los 14 y 70 días de edad con cintas milimetradas. Los cuyes fueron sujetos de la región cervical y las determinaciones de LC y PT se lo hizo con el cuy pendiente por el operario, que contenía al cuy con sus dedos índice y pulgar. La conversión alimenticia (CA) se calculó dividiendo el CMS sobre el incremento de peso.

Mérito Genético

Se determinó el valor de cría probable por cada característica evaluada (VPC_{CE}): GMD, PF, LC, PT y CA, mediante la fórmula: $VPC_{CE} = Pic + b_1 (Pi - Pic)$, donde Pic es el promedio fenotípico de los contemporáneos del individuo seleccionado, b_1 es el coeficiente de regresión del genotipo del individuo en base a su propio fenotipo o valor de heredabilidad del carácter, y Pi es el promedio fenotípico del individuo seleccionado. Las heredabilidades (h^2) consideradas fueron 0.40, 0.45, 0.45, 0.40 y 0.40 para los caracteres GMD, PF, LC, PT y CA, respectivamente. Se consideró datos promedio de h^2 publicadas por algunos investigadores, desde h^2 bajas para GMD y PF (Rosales *et al.*, 2019), y h^2 más optimistas para GMD, PF, LC y PT (Rubio, 2018). No se encontraron datos de

Cuadro 1. Indicadores de crecimiento de cuatro cruces de cuyes machos¹ evaluados de 14 a 70 días de edad

Indicadores ²	MFp	MFc	FpC	FcM
Peso inicial (g)	352.1 ± 9.2 ^a	341.7 ± 9.9 ^a	307.6 ± 6.6 ^b	288.1 ± 4.3 ^b
IPT (g)	933.4 ± 9.4 ^a	884.9 ± 10.4 ^a	856.0 ± 11.7 ^b	828.1 ± 9.5 ^b
GMD (g)	16.7 ± 0.2 ^a	15.8 ± 0.2 ^a	15.3 ± 0.2 ^b	14.8 ± 0.2 ^b
Peso final (g)	1285.5 ± 90.3 ^a	1226.6 ± 101.2 ^a	1163.6 ± 108.2 ^b	1707.7 ± 75.4 ^b
LC a 70 días (cm)	36.3 ± 0.17 ^a	35.95 ± 0.16 ^b	35.85 ± 0.17 ^b	33.1 ± 0.23 ^b
PT a 14 días (cm)	14.70 ± 0.10 ^a	14.90 ± 0.15 ^a	14.85 ± 0.16 ^a	14.70 ± 0.14 ^a
PT a 70 días (cm)	24.90 ± 0.14 ^a	24.00 ± 0.13 ^{bc}	23.65 ± 0.15 ^c	22.90 ± 0.21 ^d
CMS total (g)	3215.7 ± 21.0 ^a	3066.8 ± 23.0 ^b	3010.2 ± 16.8 ^b	3021.6 ± 18.4 ^{ab}
CMS/día (g)	57.42 ± 0.37 ^a	54.76 ± 0.41 ^b	53.75 ± 0.30 ^b	53.96 ± 0.33 ^{ab}
CA	3.74 ± 0.04 ^a	3.53 ± 0.04 ^a	3.46 ± 0.04 ^a	3.78 ± 0.05 ^a

^{a,b,c,d} Letras diferentes dentro de la misma fila representan diferencias estadísticas ($p < 0.05$)

¹MFp: ♂ Mangallana x ♀ FICP pura. MFc: ♂ Mangallana x ♀ FICP cruzada. FpC: ♂ FICP puro x ♀ Cholocal.

FcM: ♂ FICP cruzado x ♀ Mangallana

² Peso inicial: peso al destete, 2 semanas; Peso final: 70 días de edad; IPT: incremento de peso total; GMD: ganancia media diaria; LC: longitud corporal; PT: perímetro torácico; CMS: consumo de materia seca; CA: conversión alimenticia

h^2 para el carácter CA en cuyes, por lo que se consideró una h^2 de CA determinada en conejos (Piles y Sánchez, 2019)

Con los valores de VPC_{CE} se construyeron los índices de selección individual por valor probable de cría (IS VPC) utilizando la siguiente ecuación: $IS\ VPC = VPC_{GM} + VPC_{PF} + VPC_{LC} + VPC_{PT} - VPC_{CA}$, donde VPC es el valor probable de cría para los caracteres GMD, PF, LC, PT y CA. Finalmente se realizó el ranking y selección de los reproductores 50% superior de acuerdo con el IS VPC. Los reproductores fueron ordenados según ranking obtenido en términos generales y también por cruce.

Análisis Estadístico

Los datos de indicadores de crecimiento fueron evaluados mediante un diseño completamente aleatorizado utilizando el análisis de varianza y la prueba de Tukey ($p = 0.05$)

para las comparaciones múltiples. Los análisis se realizaron en el software SAS (2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Indicadores de Crecimiento

Los pesos corporales, GMD, CMS, LC, PT y CA se muestran en el Cuadro 1. Los promedios de PD, PF, IPT y GMD de los tratamientos MFp y MFc fueron superiores a la de los tratamientos FpC y FcM ($p < 0.05$). La mayor LC se presentó en los cuyes del cruce MFp ($p < 0.01$), no habiendo diferencias significativas con los otros tres grupos. El PT fue diferente entre grupos a los 70 días de los futuros cuyes reproductores, aunque a los 14 días de edad no mostraron diferencias ($p \gg 0.05$) entre tratamientos; siendo los cuyes del cruce MFp con mayor profundidad corporal ($p < 0.01$). Por otro lado, el CMS por día y total fue significativamente mayor en los

grupos MFp y FcM ($p < 0.05$); no obstante, la conversión alimenticia fue similar entre los cuatro grupos, lo que puede indicar una similar eficiencia alimenticia.

Se observa la influencia de la procedencia y combinación sexual o cruce de sus progenitores en los pesos. Los valores más altos de peso al destete correspondieron a los cruces que tuvieron como progenitores machos Mangallana con hembras FICP y los menores pesos de destete correspondieron a los cruces que tuvieron como padres a machos FICP con hembras Mangallana y Cholocal. Los cuyes Mangallana y Cholocal proceden de caseríos ubicados en el mismo valle Condebamba (2014 msnm) y los cuyes FICP proceden del valle Cajamarca (2750 msnm). También es importante considerar en la evaluación de los genotipos las condiciones de crianza y condiciones geográficas y climáticas de las granjas (Silva *et al.*, 2020). En este sentido, Sangay (2018) no encontró diferencias en los pesos de destete entre cuyes procedentes del valle Cajamarca y los procedentes del valle Condebamba cuando la evaluación fue en el valle Cajamarca, en tanto que Saucedo *et al.* (2018), al trabajar en el valle de Condebamba encontraron un mejor peso al destete en FICP cruzados (349.6 g) frente a cuyes provenientes de Cholocal (302.1 g) y Mangallana (306.3 g). El *outcrossing* en el presente trabajo determinó la mejor expresión del peso al destete en los cruces MFp y MFc, lo cual produjo un mayor vigor híbrido (Lohr y Haag, 2015), tal como lo demuestran otros estudios en cuyes (Mantilla *et al.*, 2017; Paredes *et al.*, 2020).

Los valores de IPT del presente estudio fueron superiores a los encontrados por Sangay (2018), quien reporta pesos de 578.9 y 561.6 g para cuyes FICP cruzados. Los resultados del presente estudio podrían estar influenciados por la procedencia de los progenitores y el tipo de cruzamiento realizado, puesto que los mejores resultados se obtuvieron cuando los machos procedieron de Mangallana, y las hembras del genotipo FICP-UNC. Asimismo, los IPT de la presente in-

vestigación fueron inferiores a los obtenidos por Saucedo *et al.* (2018), quienes encontraron valores de 978.9 y 919.9 g para cuyes de procedencia FICP y de 864.7 y 852.9 g para cuyes de procedencia valle Condebamba, diferencias que podrían atribuirse a la presión de selección.

Los valores de GMD fueron superiores a los reportados para el genotipo híbrido de cuyes machos Perú-Inti (10.3 g/d), evaluados en condiciones de la sierra de Ayacucho (Meza *et al.*, 2018) y a los 10.5 g/día reportado por Yamada *et al.* (2019) en cuyes de una línea cárnica alimentados con maíz chala y afrecho de trigo. Los datos ratifican el avance genético con relación a lo encontrado en otros trabajos realizados en la zona y bajo condiciones ambientales similares (Mantilla, 2012; Mantilla *et al.*, 2017; Culqui, 2018; Sangay, 2018).

Los promedios de CMS fueron mayores en los cuyes más pesados, más largos y de mayor profundidad. No obstante, Saucedo *et al.* (2018), trabajando en las mismas condiciones, reportaron consumos mayores (58.8-63.1 g/cuy/día). La CA en el presente estudio (3.46-3.78) muestra menor eficiencia alimenticia que la CA de 3.03 reportado por Chauca *et al.* (1998) para cuyes de la línea Perú, alimentados con pienso concentrado como único alimento. Sin embargo, para condiciones similares, Culqui (2018) reportó CA de 4.62-5.08, en tanto que Saucedo *et al.* (2018) encontraron valores menos eficientes (4.05-4.33), lo cual podría indicar que el vigor híbrido permite la obtención de animales más eficientes.

Valor Probable de Cría

Los cruces fueron ordenados según ranking obtenido (Figura 1), y de manera particular para el 50% superior. Los mejores valores de cría y, por lo tanto, de superioridad genética correspondió a la población MFp, seguida de MFc, siendo el cruce FcM el de menor valor genético.

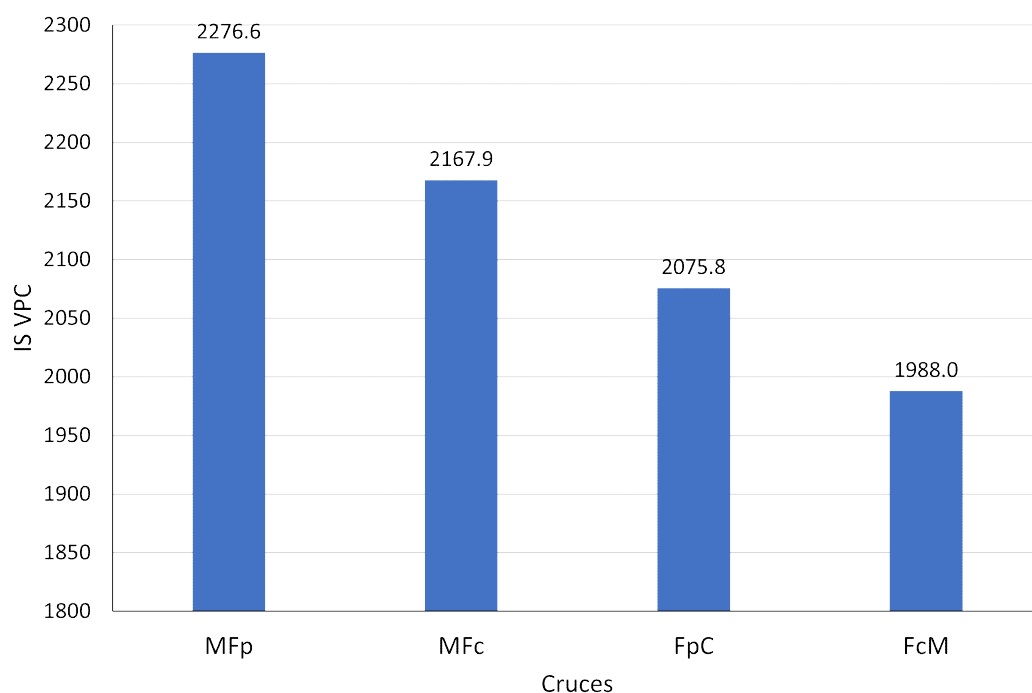


Figura 1. Medias del índice de selección por valor probable de cría (IS VPC) según el cruce: MFp: Mangallana x FICP pura; MFc: Mangallana x FICP cruzada; FpC: FICP puro x Cholocal; FcM: FICP cruzado x Mangallana

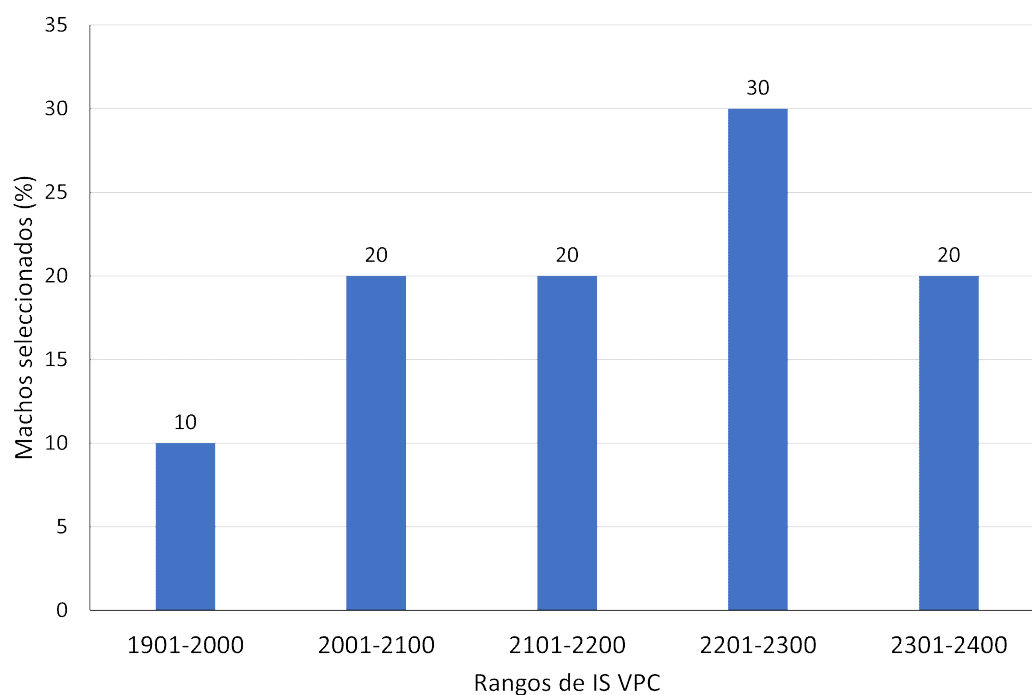


Figura 2. Distribución de los cuyes machos por rango de índice de selección por valor probable de cría (IS VPC). Cada barra representa el porcentaje de machos seleccionados 50% superior (n=40)

El ranking para el 50% superior de machos seleccionados (40 de los 80 reproductores), distribuido en cinco rangos de valores se presenta en la Figura 2. Se determinó que el mejor cruce para efecto de selección, el MFp aportó 10 reproductores, siete de los cuales se ubicaron del primero al séptimo puesto. El segundo cruzamiento MFc también aportó 10 reproductores, ubicándose de manera dispersa desde los puestos 9 al 23. Los cruzamientos FpC y FcM aportaron también 10 reproductores cada uno.

CONCLUSIONES

- El *Outcrossing* en cuyes, practicado entre reproductores superiores debidamente identificados, así como la posterior selección de su descendencia por mérito genético para caracteres de importancia económica permite obtener grupos de descendencias masculinas cruzadas genéticamente superiores.
- La aplicación de las herramientas de mejoramiento genético en cuyes de dos valles andinos, Cajamarca y Condebamba, permitió identificar al mejor cruce con macho Mangallana x hembra FICP pura, el cual cuenta con los mejores pesos corporales, mayores ganancias de peso y consumo de alimento, mejor perímetro torácico a los 70 días y mayor longitud corporal, aunque sin el mejor perímetro torácico al destete y conversión alimenticia.

LITERATURA CITADA

1. **Bryden CA, Heath JW, Heath DD. 2004.** Performance and heterosis in farmed and wild Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) hybrid and purebred crosses. *Aquaculture* 235: 249-261. doi: 10.1016/j.aquaculture.-2004.01.027
2. **Chauca L, Muscari J, Vega L. 2004.** Formación de línea sintética de cuyes. En: XXVII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. Lima, Perú.
3. **Chauca L. 1998.** Proyecto sistemático de producción de cuyes. Lima, Perú: Instituto Nacional de Investigación Agraria. 90 p.
4. **Culqui Y. 2018.** Cruzamiento recíproco de cuyes progenitores y su influencia en los indicadores de crecimiento y engorde de la descendencia cruzada. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cajamarca, Perú: Univ. Nacional de Cajamarca. 66 p.
5. **Eynard SE, Windig JJ, Hulsegge I, Hiemstra SJ, Calus MPL. 2018.** The impact of using old germplasm on genetic merit and diversity - A cattle breed case study. *J Anim Breed Genet* 135: 311-322. doi: 10.1111/jbg.12333
6. **[FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2007.** La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Roma: FAO. 43 p.
7. **Goyard E, Goarant C, Ansquer D, Pierre B, De Decker S, Dufour R, Galinie C, et al. 2008.** Cross breeding of different domesticated lines as a simple way for genetic improvement in small aquaculture industries: Heterosis and inbreeding effects on growth and survival rates of the Pacific blue shrimp *Penaeus (Litopenaeus stylirostris)*. *Aquaculture* 278: 43-50. doi: 10.1016/j.aquaculture.-2008.03.018
8. **Hirooka H. 2019.** Economic selection index in the genomic era. *J Anim Breed Genet* 136: 151-152. doi: 10.1111/jbg.12390
9. **[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>

10. **Lohr JN, Haag CR. 2015.** Genetic load, inbreeding depression, and hybrid vigor covary with population size: an empirical evaluation of theoretical predictions. *Evolution* 69: 3109-3122. doi: 10.1111/evo.12802
11. **Mantilla J. 2012.** Diferenciación reproductiva, productiva y molecular de cuyes nativos de la región Cajamarca. Tesis Doctoral. Cajamarca, Perú: Univ. Nacional de Cajamarca. 136 p.
12. **Mantilla JA, Vallejos LA, De la Torre JR. 2017.** El cruzamiento y la selección y su efecto en los índices productivos de cuyes nativos y mejorados de la región Cajamarca. *Rev Caxamarca UNC* 16: 41-48.
13. **Martin-Collado D, Byrne TJ, Visser B, Amer PR. 2016.** An evaluation of alternative selection indexes for a non-linear profit trait approaching its economic optimum. *J Anim Breed Genet* 133: 476-484. doi: 10.1111/jbg.12220
14. **Meza E, Rojas Y, Raymondi J, Olaguivel C. 2018.** Estimación de heterosis individual en cuyes (*Cavia porcellus*) F1 cruces de los genotipos Perú, Inti y Andina. *Rev Inv Vet Perú* 29: 495-506. doi: 10.15381/rivep.v29i2.-14488
15. **Nielsen NH, Korsgaard IR. 2006.** Effect of selection for growth on normal and reduced protein diets on weight gain, feed intake, feed efficiency and body composition in mice. *J Anim Breed Genet* 123: 362-368.
16. **Ocampo GR, Cardona CH. 2013.** La endogamia en la producción animal. *Rev Colomb Cienc Anim* 5: 463-479.
17. **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/rivep.v32i2.20019
18. **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(2): e20019. doi: 10.15381/rivep.v32i2.20019
19. **Paredes M, Guevara J, Mantilla J, Ortiz P. 2020.** Características del semen y desempeño reproductivo de cuyes nativos y mejorados en cruzamiento recíproco. *Spermova* 10(1): 11-17. doi: 10.18548/aspe/0008.02
20. **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
21. **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.
22. **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.
23. **Sangay A. 2018.** Indicadores de crecimiento y eficiencia productiva de cuyes F1, provenientes de cruces entre cuyes mejorados INIA, Jesús, Condebamba y Facultad de Ingeniería en Ciencias Pecuarias- UNC, Región Cajamarca. Tesis de Ingeniero Zootecnista. Cajamarca, Perú: Univ. Nacional de Cajamarca. 48 p.
24. **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
25. **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

26. **Silva VA, Trushenski J, Schwarz MH, Cavalli RO. 2020.** Effects of rearing density on growth, physiological responses, and flesh quality in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). J World Aquacult Soc 51: 1301-1312. doi: 10.1111/jwas.12721
27. **Silva VA, Trushenski J, Schwarz MH, Cavalli RO. 2020.** Effects of rearing density on growth, physiological responses, and flesh quality in juvenile cobia (*Rachycentron canadum*). J World Aquacult Soc 51: 1301-1312. doi: 10.1111/jwas.12721
28. **Windig JJ, Doekes HP. 2018.** Limits to genetic rescue by outcross in pedigree dogs. J Anim Breed Genet 135: 238-248. doi: 10.1111/jbg.12330
29. **Yamada G, Bazán V, Fuentes N. 2019.** Comparación de parámetros productivos de dos líneas cárnicas de cuyes en la costa central del Perú. Rev Inv Vet Perú 30: 240-246. doi: 10.15381/rivep.v30i1.-15678