

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**



**"ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS  
LÍNEAS DE CUYES DE IVITA EN EL VALLE EL MANTARO"**

**Presentada por  
JOSÉ ISAÍ CEDANO CASTRO**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE EN CIENCIA ANIMAL**

**Lima – Perú**

**2023**

# tesis final

*por* Jose Cedano Castro

---

**Fecha de entrega:** 18-jul-2023 01:26a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2132987034

**Nombre del archivo:** TESIS\_Doctorado\_Cedano\_Castro\_Jos.pdf (1.42M)

**Total de palabras:** 23113

**Total de caracteres:** 122074

1 %

INDICE DE SIMILITUD

1 %

FUENTES DE INTERNET

0 %

PUBLICACIONES

0 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 [repositorio.ufmg.br](https://repositorio.ufmg.br) <1 %  
Fuente de Internet

2 [repositorio.unh.edu.pe](https://repositorio.unh.edu.pe) <1 %  
Fuente de Internet

3 [uvadoc.uva.es](https://uvadoc.uva.es) <1 %  
Fuente de Internet

4 [www.conapo.gob.mx](http://www.conapo.gob.mx) <1 %  
Fuente de Internet

5 A. Constantinou, R. Beuing, A. P. Mavrogenis. "Genetic and phenotypic parameters for some reproduction and milk production characters of the Damascus goat", Journal of Animal Breeding and Genetics, 1985 <1 %  
Publicación

6 Feiyan Yang, Tianyi Guo, Yaping Zhou, Shuai Han, Shuguo Sun, Feijun Luo. "Biological functions of active ingredients in quinoa bran: Advance and prospective", Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2022 <1 %  
Publicación

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**

**"ESTRATEGIAS DE MEJORAMIENTO GENÉTICO DE LAS  
LÍNEAS DE CUYES DE IVITA EN EL VALLE EL MANTARO"**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
DOCTORIS PHILOSOPHIAE**

**Presentada por  
JOSÉ ISAÍ CEDANO CASTRO**

**Ph. D. José Alberto Barrón López  
PRESIDENTE**

**Dra. María Wurzinger  
ASESOR**

**Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso  
MIEMBRO**

**Ph.D. Juan Chávez Cossio  
MIEMBRO**

**Dr. Juan Pablo Gutiérrez García  
MIEMBRO EXTERNO**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres y hermanos**

Mi familia ha sido un gran soporte para poder alcanzar mis objetivos. Gracias al apoyo constante y los valiosos consejos de mis padres, he podido llegar más allá de donde yo mismo imaginaba. Dedico y comparto con mis padres y hermanos este gran logro en mi vida. Gracias a ellos he podido construir una vida que refleja la perseverancia, honradez, humildad y responsabilidad que desde niño siempre supieron inculcarme. El cariño de hermanos, aunque a veces sin palabras, pero con muchos actos de solidaridad, apoyo y entusiasmo fue un aliento inacabable a lo largo de mi vida. Ellos forman parte de mí, y este también es su trabajo. Gracias a todos por creer y por ser parte de mí.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CONCYTEC) y al Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica (FONDECYT) por el financiamiento de mis estudios de Doctorado en Ciencia Animal (Convenio de subvención N° 178 – 2015 – FONDECYT) y de mi pasantía a Viena, Austria (Contrato N° 178 – 2019 – FONDECYT).

Al programa ERASMUS + por el financiamiento de mi pasantía a Viena, Austria (enero a mayo del 2022)

A mi asesora la Dra. Maria Wurzinger, por su constante apoyo desde que empezamos a trabajar. Estoy seguro de que ella es un referente de muchos profesionales e investigadores y agradezco el poder haber estado bajo su asesoría. Se ha convertido en un ejemplo a seguir en la vida académica y personal.

Al Dr. Gustavo Gutiérrez, por su apoyo y guía durante toda mi formación. Agradezco su sentido humano y profesional mostrado durante todo este tiempo. Es una persona y profesional a seguir.

To Dr. Johann Sölkner, Dr. Birgit Fuerst-Waltl and Dr. Gábor Mészáros, for their time, support, patience and for guiding and sharing their knowledge with me since I had met them. I hope one day to follow in their footsteps.

A los Doctores Ronald Jiménez y Amparo Huamán, por darme todo su apoyo y confianza. Son excelentes personas y profesionales, y agradezco además el poder haberlos conocido. Son ejemplo de personas y buenos amigos.

To Lisa, Nathalie, Christina and Bienvenue Zoma, for their support while I was living in Vienna. They made it easy to live there. Great people and incomparable friends.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN .....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	PRODUCCIÓN NACIONAL Y CONSUMO DE CUYES .....	3
a.	Sistemas de producción.....	3
b.	Producción de carne de cuy a nivel nacional .....	3
2.2.	CARACTERES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE CUYES.....	4
a.	Caracteres productivos .....	4
b.	Caracteres reproductivos .....	5
2.3.	ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN .....	6
a.	Número efectivo de fundadores y de ancestros.....	6
b.	Coeficiente de consanguinidad .....	6
c.	Tamaño efectivo de la población ( $N_e$ ).....	7
2.4.	PARÁMETROS GENÉTICOS EN CUYES .....	8
a.	Heredabilidad .....	8
b.	Correlaciones genéticas.....	10
2.5.	HETEROSIS EN CARACTERES PRODUCTIVOS.....	11
a.	Heterosis individual .....	12
b.	Heterosis materna.....	12
c.	Heterosis paterna.....	12
2.6.	ADOPCIÓN DE PAQUETES TECNOLÓGICOS POR PARTE DE LOS PRODUCTORES .....	13

a.	Rol de los productores dentro de los programas de mejora genética animal .....	13
b.	Transferencia y adopción de paquetes tecnológicos .....	13
c.	Diferentes paquetes tecnológicos adoptados en la producción de cuyes .....	14
III.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	17
3.1.	Estudio 1: Índices poblacionales de las cuatro líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro .....	17
a.	Lugar .....	17
b.	Líneas genéticas .....	18
c.	Manejo y alimentación .....	21
d.	Información de genealogía y de las características evaluadas .....	22
e.	Heredabilidad y Correlaciones Genéticas .....	23
f.	Estructura poblacional.....	26
3.2.	Estudio 2: Heterosis individual de caracteres productivos .....	27
a.	Lugar .....	27
b.	Animales .....	27
c.	Caracteres productivos .....	28
d.	Heterosis individual .....	28
3.3.	Estudio 3: Percepción y aceptación de los cuyes RG por parte de los productores del Valle El Mantaro .....	30
a.	Lugar y productores encuestados .....	30
b.	Encuestas.....	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1	Estudio 1: Índices poblacionales de las cuatro líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro .....	32
a.	Caracteres productivos y reproductivos en cada línea de cuyes de IVITA – El Mantaro.....	32



b.	Heredabilidades y correlaciones genéticas de caracteres productivos y reproductivos en cada línea de cuyes de IVITA – El Mantaro.....	35
c.	Estructura de la población de cuyes de IVITA – El Mantaro .....	42
4.2	Estudio 2: Heterosis individual de caracteres productivos .....	44
4.3	Estudio 3: Percepción y aceptación de los cuyes RG de IVITA – El Mantaro por parte de los productores.....	50
a.	Productos y precios de mercado .....	52
b.	Percepción y aceptación del cuy RG de IVITA – El Mantaro .....	54
V.	CONCLUSIONES .....	62
VI.	RECOMENDACIONES .....	63
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
VIII.	ANEXOS .....	74

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracteres productivos en la producción de cuyes.....	5
Tabla 2. Caracteres reproductivos en la producción de cuyes.....	6
Tabla 3. Valores de heredabilidad ( $h^2 \pm E.E.$ ) estimada para caracteres morfométricos, productivos y reproductivos en cuyes .....	9
Tabla 4. Correlaciones genéticas ( $r_{XY} \pm E.E.$ ) estimadas entre caracteres morfométricos, productivos y reproductivos .....	11
Tabla 5. Número de animales y de datos registrados de caracteres productivo en cada línea genéticas de cuyes de IVITA.....	23
Tabla 6. Número de datos por carácter registrado para cada línea genéticas de cuyes de IVITA .....	24
Tabla 7. Número de datos registrados para caracteres productivos y cruces .....	28
Tabla 8. Información recabada a través de encuestas a productores de cuyes del Valle El Mantaro.....	31
Tabla 9. Número de datos (N), promedio, desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), valor mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de caracteres registrados en las líneas Precoz y Cárnica.....	32
Tabla 10. Número de datos (N), promedio, desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), valor mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de caracteres registrados en las líneas Lechera y Prolífica.....	33
Tabla 11. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso al nacimiento y el peso a los 60 días para la línea Precoz.....	36
Tabla 12. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso de la camada, tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Precoz.....	36
Tabla 13. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 60 días y conversión alimenticia parcial para la línea Cárnica.....	37

Tabla 14. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso de la camada, peso de la camada a los 10 días, tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Lechera.....	40
Tabla 15. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Prolífica .....	40
Tabla 16. Número de animales, número efectivo de fundadores y de ancestros, coeficiente de consanguinidad y tamaño efectivo de la población en las cuatro líneas de cuyes de IVITA .....	43
Tabla 17. Promedios (con sus errores estándar) para caracteres productivos en cruces de las líneas paternas.....	45
Tabla 18. Promedios (con sus errores estándar) para caracteres productivos en cruces de las líneas maternas .....	47
Tabla 19. Heterosis para caracteres productivos en cruces de las líneas paternas y maternas de cuyes de IVITA – El Mantaro .....	48
Tabla 20. Principales características de las granjas encuestadas.....	51
Tabla 21. Tipo, peso y precio de productos ofertados por los productores del Valle del Mantaro.....	53
Tabla 22. Razones porque los productores no comprar cuyes RG de IVITA .....	55
Tabla 23. Recomendaciones de IVITA – El Mantaro seguidas por los productores.....	56
Tabla 24. Empadres realizados por los productores en sus granjas.....	57
Tabla 25. Caracteres de los cuyes RG que los productores desearían que se mejoren .....	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Localización del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) - El Mantaro (3), Junín (2), Perú (1) .....	18
Figura 2. Esquema de cruzamiento de líneas de cuyes de IVITA - El Mantaro. Fuente: Jiménez y Huamán (2010).....	20
Figura 3. Productos ofertados por los productores .....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Encuesta aplicada a productores de cuyes del Valle El Mantaro .....	74
--	----

## RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar fenotípica y genéticamente las líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro (Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica), sus cruces simples, y conocer la aceptación que tiene el cuy RG por parte de los productores. Para lograr dicho objetivo se estimó las heredabilidades y correlaciones genéticas con el modelo animal usando un análisis multivariado con REML. Para cada línea genética se determinó el número efectivo de fundadores y de ancestros, el coeficiente de consanguinidad y el tamaño efectivo de cada población. También se calculó la heterosis individual para los caracteres peso al nacimiento, peso a los 10 días, peso al destete y peso a los 60 días para los cruces paternos y maternos, a través de la diferencia entre el promedio del desempeño de los animales cruzados y los animales puros. Además, se realizaron encuestas a 17 criadores de las provincias de Concepción, 12 de Jauja y 5 de Huancayo para determinar la percepción y la aceptación que han tenido los cuyes RG de IVITA – El Mantaro. Las heredabilidades para el peso al nacimiento fueron  $0.21 \pm 0.02$  y  $0.23 \pm 0.03$  en las líneas Precoz y Cárnica, respectivamente, y para el peso al destete fue  $0.28 \pm 0.03$  para la línea Cárnica. La estima para el peso a los 60 días fueron  $0.34 \pm 0.01$  y  $0.47 \pm 0.04$  para las líneas Precoz y Cárnica, respectivamente, y para la conversión alimenticia parcial fue  $0.46 \pm 0.03$  para la línea Cárnica. Las heredabilidades para el peso de la camada al nacimiento fueron  $0.09 \pm 0.03$  y  $0.10 \pm 0.03$  para la línea Precoz y Lechera, respectivamente. Además, la heredabilidad para el peso de la camada a los 10 días fue de  $0.15 \pm 0.03$  para la línea Lechera. Las heredabilidades para el tamaño de camada fueron  $0.17 \pm 0.03$ ,  $0.20 \pm 0.03$  y  $0.11 \pm 0.03$ , y para el número de nacidos vivos fueron  $0.09 \pm 0.03$ ,  $0.14 \pm 0.03$  y  $0.09 \pm 0.03$  para las líneas Precoz, Lechera y Prolífica, respectivamente. Se encontraron correlaciones genéticas altas entre el peso al nacimiento, al destete y a los 60 días y entre el peso de la camada, tamaño de camada, peso de la camada a los 10 días y número de nacidos vivos. La correlación genética entre el efecto directo y materno de peso al nacimiento fue moderada y negativa ( $-0.24 \pm 0.10$ ) para la línea Precoz. El análisis de la genealogía mostró que el número efectivo de fundadores y de ancestros para la línea Precoz fueron 74 y 72, de 343 y 271 para la línea Cárnica, de 58 y 52 para la Lechera,

y de 58 y 49 para la Prolífica. Los coeficientes de consanguinidad estimados fueron 4.30 por ciento, 0.81 por ciento, 4.36 por ciento y 4.22 por ciento para las líneas Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica, respectivamente. El tamaño efectivo de la población para la línea Precoz fue 70.16, de 75.42 para la línea Cárnica, de 42.93 para la Lechera, y de 34.74 para la línea Prolífica. Por otro lado, sólo se observó heterosis estadísticamente significativa para el peso al nacimiento, en los cruces paternos (Precoz x Cárnica) (3.7 por ciento) y maternos (Lechera x Prolífica) (12.7 por ciento). Las encuestas realizadas mostraron que la mayoría de los criadores han recibido capacitación sobre alimentación, reproducción, manejo, equipamiento e instalaciones. Los criadores principalmente venden cuyes vivos para el sacrificio. La mayoría (82.40 por ciento) manifestó que no han vuelto a comprar cuyes de IVITA – El Mantaro, porque para ellos dichos cuyes son altamente susceptibles a la linfadenitis, enfermedad altamente contagiosa y que afecta la calidad de carne. Sin embargo, la mayoría de los encuestados han clasificado a los cuyes de IVITA – El Mantaro y sus crías como animales adecuados para la producción de carne. Dichos cuyes han sido ya recomendados por el 58.80 por ciento de los criadores, pero el 17.70 por ciento de ellos manifestaron que no recomendarían dichos cuyes debido a la susceptibilidad que tienen para enfermarse, especialmente de linfadenitis. Los resultados muestran el estado genético de las cuatro líneas de cuyes, y la ventaja productiva que muestran los cruces simples en las líneas paternas. Además, de la percepción y grado de aceptación de los productores sobre el cuy G producido por IVITA – El Mantaro. Todo ello puede aprovecharse para mejorar el actual programa de mejora genética y esquema de cruzamiento desarrollado por IVITA – El Mantaro.

Palabras clave: heredabilidades, correlaciones genéticas, cruces, heterosis

## ABSTRACT

This study aimed to assess phenotypically and genetically the guinea pig lines of IVITA - El Mantaro (Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica), their simple crosses, and to investigate the acceptance of the "cuy RG" by the farmers. Therefore, heritabilities and genetic correlations were estimated with the animal model using a multivariate analysis with REML. In addition, the effective number of founders and ancestors, inbreeding coefficient and effective population size were estimated for each genetic line. The individual heterosis for birth weight, weight at 10 days, at weaning and at 60 days was also calculated for paternal and maternal crosses. In addition, 17 farmers from the provinces of Concepción, 12 from Jauja and 5 from Huancayo were interviewed to know their perception and acceptance of the crossbred guinea pigs from IVITA - El Mantaro ("cuy RG"). The results obtained in the heritabilities for birth weight were  $0.21 \pm 0.02$  and  $0.23 \pm 0.03$  for Precoz and Cárnica lines, respectively, and for weaning weight, it was  $0.28 \pm 0.03$  for Cárnica line. Heritability estimates for weight at 60 days were  $0.34 \pm 0.01$  and  $0.47 \pm 0.04$  for Precoz and Cárnica lines, respectively, and for partial feed conversion was  $0.46 \pm 0.03$  for Cárnica line. The heritabilities for litter weight at birth were  $0.09 \pm 0.03$  and  $0.10 \pm 0.03$  for Precoz and Lechera lines, respectively. In addition, the heritability for litter weight at 10 days was  $0.15 \pm 0.03$  for Lechera line. The heritabilities for litter size were  $0.17 \pm 0.03$ ,  $0.20 \pm 0.03$  and  $0.11 \pm 0.03$ , and for number of pups born alive were  $0.09 \pm 0.03$ ,  $0.14 \pm 0.03$  and  $0.09 \pm 0.03$  for Precoz, Lechera and Prolífica lines, respectively. High genetic correlations were found between birth, weaning and 60-day weight and between litter weight, litter size, litter weight at 10 days and number of pups born alive. The genetic correlation between the direct and maternal effect of birth weight was moderate and negative ( $-0.24 \pm 0.10$ ) for Precoz line. The results of the pedigree analysis showed that the effective number of founders and ancestors for Precoz line were 74 and 72, 343 and 271 for Cárnica line, 58 and 52 for Lechera line, and 58 and 49 for Prolífica line. The inbreeding coefficients were 4.30 percent, 0.81 percent, 4.36 percent and 4.22 percent for Precoz, Cárnica, Lechera and Prolífica lines, respectively. The effective population size for Precoz line was 70.16, 75.42 for Cárnica line, 42.93 for Lechera line, and 34.74 for Prolífica line.

Statistically significant heterosis was observed for birth weight in the paternal (Precoz x Cárnica) (3.7 percent) and maternal (Lechera x Prolífica) (12.7 percent) crosses. Surveys



showed that most breeders had received training on feeding, breeding, management, equipment, and facilities. Farmers mainly sell guinea pigs alive for slaughter. Most of the farmers (82.40 percent) stated that they had no longer bought guinea pigs from IVITA - El Mantaro because these guinea pigs are highly susceptible to lymphadenitis, a highly contagious disease that affects the meat quality. However, most respondents have classified IVITA-El Mantaro guinea pigs and their offspring as suitable for meat production. 58.80 percent of farmers have already recommended these guinea pigs, but 17.70 percent of them stated that they would not recommend them due to their susceptibility to disease, especially lymphadenitis. The results show the genetic status of the four guinea pig lines and the productive advantage shown by the single crosses in the parental lines. In addition, the breeders' perception and degree of acceptance of the guinea pigs produced by IVITA - El Mantaro. All these results could be used to improve the current breeding programme and crossbreeding scheme developed by IVITA - El Mantaro.

**Key Words:** heritabilities, genetic correlations, crosses, heterosis

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú es líder en población y producción de carne de cuy en la Comunidad Andina de Naciones (Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú). A nivel nacional, entre los años 1990 y 2019, se ha triplicado la población de cuyes, pasando de 6´884,938 a 19´725,802 animales. Dicha población está compuesta por razas y líneas genéticas especializadas en la producción de carne, prolíficas, y diferentes tipos y ecotipos, y se encuentran en todas las regiones del país (INEI 2012; MINAGRI 2020). Esta especie ha sido y es parte de la cultura andina peruana y su carne ha contribuido a la seguridad alimentaria de pequeños agricultores (Chauca 1997). También, la crianza de cuyes es una actividad económicamente rentable que sostiene a 827,234 productores en el Perú (Chauca 2013, 2022; INEI 2017).

El desarrollo de las razas de cuyes orientadas a la producción de carne ha dado mayor impulso a esta actividad pecuaria y ha permitido mejorar los ingresos de los criadores de esta especie. Las razas difundidas a nivel nacional son la Perú, Andina, Inti y Kuri (INIA 2004, 2005, 2021; Chauca *et al.* 2004). Además, existen diversas líneas genéticas utilizadas también para la producción de carne, como las líneas desarrolladas por el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) (Precoz, Cárnica, Prolífica y Lechera) (Jiménez y Huamán, 2010). Igualmente, la Universidad Nacional Agraria la Molina ha contribuido con la generación de la línea Cieneguilla (Sarria 2011). Por otro lado, existen líneas de cuyes destinadas a ser mascotas, como los cuyes Tipo 3, sin embargo, en el Perú el interés en la crianza de esta especie es la producción de carne (Chauca 1997).

Las instituciones antes mencionadas han impulsado el mejoramiento genético y han desarrollado la tecnología necesaria para la crianza de cuyes, basados en criterios técnicos. Todo ello ha pasado por un proceso de aplicación y validación en campo que, en la mayoría de los casos, ha sido adoptada por los productores (Chauca *et al.* 2005; Jiménez y Huamán

2010). La importancia de considerar la participación activa de los productores en la generación de esta tecnología radica en que permite conocer sus necesidades y opiniones, que pueden ser integradas en el desarrollo de programas de mejora genética y paquetes tecnológicos (Mueller *et al.* 2015).

El IVITA ha trabajado desde el año 2009 en la promoción de cuyes cruzados (F1) y su incorporación en las granjas del Valle del Mantaro. Dichos cuyes podrían mejorar los índices productivos de las granjas. Además, ha generado un manual técnico para que los productores puedan aprovechar mejor dichos cuyes (Jiménez y Huamán 2010). Sin embargo, es importante poder evaluar periódicamente tanto los cuyes F1 generados por IVITA, como las líneas puras que son usadas para producirlos. Ello ayudaría a generar información para que el IVITA pueda optimizar su programa de mejoramiento genético.

Por ello, el presente estudio tuvo como objetivo general evaluar fenotípica y genéticamente las líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro, sus cruces simples, y conocer la aceptación que tiene el cuy RG por parte de los productores. Los objetivos específicos fueron estimar los índices poblacionales de las cuatro líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro (Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica), calcular la heterosis individual de caracteres productivos de los cruces paternos y maternos, y determinar la percepción y aceptación de los cuyes RG por parte de los productores del Valle El Mantaro.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. PRODUCCIÓN NACIONAL Y CONSUMO DE CUYES

#### a. Sistemas de producción

Existen en la actualidad dos formas de clasificar a los sistemas de producción. En la primera, Chauca (1997) define tres sistemas, el sistema familiar, familiar – comercial y comercial. El sistema familiar se caracteriza por asegurar una fuente alimenticia a las familias, es decir, toda la crianza de cuyes es para autoconsumo. El sistema familiar – comercial, además de generar alimento para la familia, es una fuente de ingresos económicos, debido a que los criadores venden sus animales. El sistema comercial, se caracteriza por la capacidad de inversión que realiza el productor en infraestructura, alimentación y genética, además de la implementación de un manejo específico en las diferentes etapas de producción (empadre, recría, engorde), con la finalidad de producir carne de cuy a gran escala.

Por otro lado, Ordóñez (2003) describe dos sistemas, el sistema tradicional y el tecnificado. El sistema tradicional se caracteriza por la producción de animales para autoconsumo y venta a pequeña escala, se practica a nivel familiar y en áreas rurales. El sistema tecnificado, está orientado a generar rentabilidad a través de la producción de carne de cuy, por definición, este sistema es equivalente al sistema comercial.

#### b. Producción de carne de cuy a nivel nacional

En las últimas décadas, la producción de carne de cuy ha tenido un notable incremento. Entre el 2017 y 2018, se ha registrado un incremento de 146,280 kilogramos de carne (11´992,200 y 12´138,480 kilogramos, respectivamente). Alrededor del 99.9 por ciento de dicha producción se comercializa dentro del país, principalmente en los mercados zonales, pequeñas granjas y ferias, donde ofertan animales vivos o beneficiados (Chirinos *et al.* 2008; INEI 2017). La carcasa del cuy beneficiado incluye la cabeza, patas y riñones, sin embargo, también se ha observado la venta de carcasas con hígado, corazón y pulmones (Chauca 1997; Huamaní 2014; Rubio *et al.* 2018).

Chauca (1997) define dos clases de animales destinados a la producción y comercialización de carne, la primera denominada cuy “parrillero” con peso vivo entre 800 y 1000 g con una edad aproximada de 100 días. La segunda clase denominada reproductores de saca, y la conforman los cuyes reproductores (machos y hembras) con peso vivo entre 1500 y 1900 g con edades de 15 y 18 meses (Ordóñez, 2003). El peso de las carcasas del cuy “parrillero” y del reproductor de descarte están entre los 700 y 800, y los 900 y 1250 g., respectivamente (Chauca 1997; Higaonna *et al.* 2006; Huamaní 2014; Ordóñez 2003; Rubio *et al.* 2018). Teniendo en cuenta la distribución de la población de cuyes a nivel nacional, se puede indicar que las regiones que producen mayor cantidad de carne de cuy son Cajamarca, Áncash y Cusco (INEI 2012).

## **2.2. CARACTERES PRODUCTIVOS Y REPRODUCTIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE CUYES**

### **a. Caracteres productivos**

La mayoría de autores reportan como caracteres de importancia económica en la producción de cuyes, el peso al nacimiento, el peso al destete, el peso al sacrificio (8 semanas de edad), el peso de la carcasa, la ganancia de peso, y el índice de conversión alimenticia (Chauca *et al.* 2013; INIA 2004; Pascual *et al.* 2017; Rodríguez *et al.* 2015).

Se han reportado valores para las características productivas en cuyes (Tabla 1). Así, el peso al nacimiento vario de 115 a 176 g, el peso al destete de 202 a 326 g y el peso al sacrificio de 975 a 1041 g. Además, los valores promedio de ganancia diaria de peso del nacimiento al destete y durante el engorde fueron de 6.1 y 10.9 g, respectivamente y el índice de conversión alimenticia fue de 3.0 y 5.03 (Tabla 1).

**Tabla 1. Caracteres productivos en la producción de cuyes**

Caracteres	Rango o promedio	Referencia*
Peso de la cría al nacimiento (g)	115 – 176	1, 2, 3, 4
Peso de la cría al destete (g)	202 – 326	1, 3, 4
Peso al sacrificio (8 semanas) (g)	975 – 1041	1, 3, 4
Ganancia de peso al destete (g/día)	6.1	2
Ganancia de peso durante el engorde (g/día)	10.9	2
Índice de conversión alimenticia	3.0 – 5.03	1, 4, 5

\*1: INIA 2004; 2: Pascual *et al.* 2017; 3: Cruz *et al.* 2022; 4: Chauca *et al.* 2013; 5: Jiménez y Huamán 2010

#### **b. Caracteres reproductivos**

En la producción de carne de cuy, no sólo los caracteres relacionados con el peso o la ganancia de peso de los animales son económicamente importantes, sino también los relacionados a la productividad de la hembra. Pascual *et al.* (2017) destacan la importancia del número de crías nacidas vivas y destetadas por camada debido a que presentan un elevado peso económico dentro de la crianza de esta especie. Actualmente, existen razas y líneas genéticas maternas que son utilizadas por los criadores para mejorar los índices productivos de sus granjas (INIA 2005; Jiménez y Huamán 2010).

Los caracteres reproductivos frecuentemente reportados son el número de crías nacidas totales, crías nacidas vivas y crías destetadas. También se reporta el número de partos por hembra por año, el peso de camada al nacimiento y al destete (Tabla 2).

**Tabla 2. Caracteres reproductivos en la producción de cuyes**

Caracteres	Rango o promedio	Referencia*
Número de crías nacidas totales (n)	2.61 – 3.64	1, 2, 3, 4, 5, 6
Número de crías nacidas vivas (n)	2.80 – 3.36	3, 4, 5
Número de partos por hembra y año (n)	4.2 – 4.5	1, 2
Número de crías destetadas (n)	2.34	3, 5
Peso de la camada al nacimiento (g)	389.6 – 431.8	3, 5, 6
Peso de la camada al destete (g)	640.6 – 691.7	3, 5

\*1: INIA 2005; 2: Jiménez y Huamán 2010; 3: Rodríguez *et al.* 2015; 4: Pascual *et al.* 2017; 5: Yamada *et al.* 2018; 6: Chávez *et al.* 1985

### 2.3. ESTRUCTURA DE LA POBLACIÓN

#### a. Número efectivo de fundadores y de ancestros

El número efectivo de fundadores ( $f_e$ ) es el número de animales con ancestros desconocidos (número de fundadores) que contribuyen genéticamente por igual y que generan la misma diversidad genética que el de la población estudiada (Lacy 1989).

Por otro lado, el número efectivo de ancestros ( $f_a$ ) es el número mínimo de ancestros, no necesariamente fundadores, que explican la diversidad genética de una población. Este parámetro considera la pérdida de variabilidad genética producto de la ocurrencia de un evento o varios eventos de cuello de botella en la población. El cuello de botella se produce cuando la población ha experimentado una drástica reducción en el número de miembros en algún momento (Boichard *et al.* 1997).

#### b. Coeficiente de consanguinidad

El coeficiente de consanguinidad (F) es la probabilidad de que los dos alelos de cualquier locus en un individuo sean idénticos por descendencia (Falconer y Mackay 1996). También ha sido definido como la correlación entre los alelos de un mismo individuo, y mide la asociación entre ambos que es debida al apareamiento entre parientes (Blasco 2021).

Existen pocos reportes sobre el coeficiente de consanguinidad en cuyes. Cruz *et al.* (2022) y Muscari *et al.* (2008) reportaron valores entre 0.10 y 0.67 por ciento usando información de genealogía. Sin embargo, Burgos-Paz *et al.* (2011) y Valladares (2019) reportaron valores de 0.21 y 0.76, respectivamente, estimados a partir del  $F_{IS}$  (coeficiente de consanguinidad medio de un individuo respecto a su población) utilizando marcadores moleculares tipo microsatélites.

La consanguinidad tiene efectos negativos sobre el desempeño de los animales (Blasco 2021; Falconer y Mackay 1996). En cuyes, se ha reportado que un incremento de la consanguinidad de 0.10 provoca la disminución del tamaño de camada, del peso al nacimiento y del peso a las 4 semanas en 7.5, 5.1 y 11.7 por ciento, respectivamente (Muscari *et al.* 2008); lo que demuestra que es importante mantener dicho coeficiente lo más bajo posible.

### **c. Tamaño efectivo de la población ( $N_e$ )**

El tamaño efectivo de la población es el número de individuos que tendría una población ideal que se aparee al azar y que mantiene un incremento determinado de la consanguinidad. El  $N_e$  es importante para comparar el incremento de la consanguinidad en una población real respecto a una población ideal (Blasco 2021). Este parámetro es importante en el estudio genético de las poblaciones, debido a que nos da información sobre la variabilidad genética de dicha población para caracterizar a una raza o línea genética. Valores de  $N_e$  inferiores a 50 - 100 animales indicaría que una población se encuentra en riesgo o peligro de extinción (FAO 1998; Duchev *et al.* 2006; Meuwissen 2009).

El  $N_e$  aún no ha sido reportado en poblaciones de cuyes. Sin embargo, existen varios reportes de dicho parámetro en otras especies animales prolíficas como el conejo, cerdos y ratones. Ragab *et al.* (2015) reportaron valores estimados de  $N_e$  de 53, 58 y 54 animales para tres líneas maternas de conejos, respectivamente. En razas de cerdos como el Duroc, Landrace y Yorkshire criados en China, se estimaron valores de 76, 117 y 202 animales, respectivamente (Tang *et al.* 2013). Además, Škorput *et al.* (2022) reportó valores de  $N_e$  para generaciones máximas (85.69), completas (13.08) y equivalentes (25.52) en cerdo negro de Croacia. Por



otro lado, en ratones de laboratorio se estimaron valores de  $N_e$  que vario de 7.7 hasta 184 animales en diversas líneas de ratones (Eisen 1975; Farid *et al.* 1990).

## **2.4. PARÁMETROS GENÉTICOS EN CUYES**

La estimación de parámetros genéticos constituye una herramienta importante para el diseño e implementación de estrategias dentro de un programa de mejora genética. En todo programa de mejoramiento animal se debe de estimar la heredabilidad y las correlaciones genéticas. Dichos parámetros nos permiten predecir la respuesta directa y correlacionada de la selección, elaborar índices de selección y estimar los valores genéticos de los animales (Mercadante *et al.* 1995; Gutiérrez 2013).

### **a. Heredabilidad**

La heredabilidad se define como la proporción de la variación fenotípica debida a la variación de los valores genético aditivos ( $h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2$ ) (Falconer y Mackay 1996; Visscher *et al.* 2008). Este parámetro representa el grado en que el fenotipo proporciona una indicación fiable del valor genético aditivo (Falconer y Mackay 1996).

En cuyes se ha estimado valores de heredabilidad para caracteres productivos (Tabla 3) como el peso al nacimiento, al destete y al sacrificio (Rivas y Rico 2015; Rodríguez 2013; Rubio 2018; Solarte *et al.* 2002; Vargas *et al.* 2015). La heredabilidad para caracteres morfométricos (largo de lomo, perímetro torácico), y reproductivos (tamaño de camada al nacimiento y al destete) también han sido reportadas, aunque existe pocos reportes publicados al respecto (Quijandria *et al.* 1983; Rubio 2018).

**Tabla 3. Valores de heredabilidad ( $h^2 \pm E.E.$ ) estimada para caracteres morfológicos, productivos y reproductivos en cuyes**

Carácter	$h^2 \pm E. E.$	Genotipo	Autor y año
<b>Morfométricos</b>			
Largo de lomo	0.44±0.07		
Ancho de cabeza	0.68±0.10	Cieneguilla	Rubio (2018)
Perímetro torácico	0.13±0.04		
<b>Productivos</b>			
	0.16±0.04		Vargas <i>et al.</i> (2015)
	0.15	Cieneguilla	Vargas (2015)
	0.17±0.05		Rodríguez (2013)
	0.10	Población boliviana	Rivas y Rico (2015)
Peso al nacimiento	0.12±0.05		Solarte <i>et al.</i> (2002)
	0.16±0.02	Saño	Cruz <i>et al.</i> (2022)
	0.13±0.03	Mantaro	Cruz <i>et al.</i> (2022)
	0.24±0.05	Cieneguilla	Vargas <i>et al.</i> (2015)
	0.25		Vargas (2015)
	0.11	Población boliviana	Rivas y Rico (2015)
	0.26±0.07	Cieneguilla	Rodríguez (2013)
Peso al destete	0.13±0.05		Solarte <i>et al.</i> (2002)
	0.18±0.03	Saño	Cruz <i>et al.</i> (2022)
	0.20±0.05	Mantaro	Cruz <i>et al.</i> (2022)
	4 Sem.		Solarte <i>et al.</i> (2002)
Peso vivo	8 Sem.		Solarte <i>et al.</i> (2002)
	90 días	Cieneguilla	Rubio (2018)
	12 Sem.		Solarte <i>et al.</i> (2002)
<b>Reproductivos</b>			
Nº nacidos totales	0.12±0.03		
Nº Nacidos vivos	0.13±0.03		Quijandria <i>et al.</i> (1983)
Nº de destetados	0.12±0.02		

E.E. = Error estándar

## **b. Correlaciones genéticas**

Se define como la correlación entre los valores aditivos de dos caracteres que han sido medidos simultáneamente en el mismo individuo. Este parámetro se calcula como el cociente entre la covarianza genética de los caracteres de interés y el producto de la desviación estándar genética de cada uno de los caracteres ( $r_{XY} = \rho_{XY}/\sigma_X\sigma_Y$ ). La correlación genética toma valores entre -1 y +1, si el valor es mayor a cero indica que los genes aumentan la expresión de ambos caracteres, lo que indica que los caracteres están correlacionados positivamente, se muestra un efecto contrario si el valor del parámetro es menor a cero. El origen de las correlaciones se les atribuye a efectos pleiotrópicos de los genes (Falconer y Mackay 1996, Blasco 2021).

Las correlaciones genéticas nos ayudan a determinar el cambio de los caracteres que están correlacionados con los criterios de selección dentro de un programa de mejora (Blasco 2021). En cuyes se han estimado valores de correlaciones genéticas entre caracteres productivos, reproductivos y morfométricos. El valor y la dirección de dichos valores ayudan a tomar decisiones dentro de los programas de mejoramiento genético.

Las correlaciones reportadas entre caracteres morfométricos y productivos, o entre caracteres productivos tuvieron signo positivo y variaron de medias a altas (0.28 – 0.92). Sin embargo, también se han reportado correlaciones con signo negativo entre los caracteres productivos y los reproductivos (Tabla 4).

Además, se han reportado correlaciones entre el efecto genético directo y materno en cuyes. Rodríguez (2013) reportó valores negativos para la correlación entre el efecto genético directo y materno para el peso al nacimiento ( $-0.55 \pm 0.14$ ). En otras especies de animales prolíficos también se han estimados valores genéticos negativos para este tipo de correlaciones (Gutiérrez 2010; Elzo y Vergara 2015).

**Tabla 4. Correlaciones genéticas ( $r_{XY} \pm E.E$ ) estimadas entre caracteres morfológicos, productivos y reproductivos**

Carácter		$r_{XY} \pm E.E.$	Genotipo	Autor y año
<b>Morfométrico – Morfométrico/Productivo</b>				
	Largo de lomo	0.92±0.15		
Ancho de cabeza	Perímetro torácico	0.88±0.09		
	Peso vivo	0.84±0.09		
Largo de lomo	Perímetro torácico	0.80±0.21	Cieneguilla	Rubio (2008)
	Peso vivo	0.65±0.22		
Perímetro torácico	Peso vivo	0.65±0.08		
<b>Productivo – Productivo</b>				
	Peso semana 4	0.51±0.08		
Peso inicial	Peso semana 8	0.38±0.09		
	Peso semana 12	0.28±0.09		
	Peso semana 4	0.67±0.05		
Peso destete	Peso semana 8	0.40±0.07		Solarte <i>et al.</i> (2002)
	Peso semana 12	0.30±0.07		
	Peso semana 4	0.68±0.05		
Peso semana 4	Peso semana 8	0.68±0.05		
	Peso semana 12	0.58±0.09		
Peso semana 8	Peso semana 12	0.75±0.06		
<b>Reproductivo – Productivo</b>				
	Peso semana 13	0.31 – 0.39		
Tamaño de camada	Peso al nacimiento	-0.61 – -0.97		Quijandria <i>et al.</i> (1983)
	Peso al destete			

E.E. = Error estándar

## 2.5. HETEROSIS EN CARACTERES PRODUCTIVOS

La heterosis, también llamada vigor híbrido, es la superioridad fenotípica que los animales cruzados presentan sobre el rendimiento promedio de los animales puros. Dicha superioridad puede explicarse como un balance complejo entre los componentes genéticos aditivos, de dominancia e interacción (Jinks y Morley 1957; Wakchaure *et al.* 2015).

### **a. Heterosis individual**

La heterosis individual es el incremento en performance de los animales cruzados sobre el promedio de los animales puros. Este tipo de heterosis se observa en la primera generación (F1) en cruzamiento a dos, tres y cuatro vías. Algunos de ellos son y han sido usados en sistemas de producción porcina y de aves (Blasco 2021; Wakchaure *et al.* 2015). En este caso se busca mejorar el desempeño productivo, por ejemplo, a través del incremento del peso al destete, peso al año o peso de la carcasa (Wakchaure *et al.* 2015).

El cruzamiento para el aprovechamiento de la heterosis en cuyes, no han sido ampliamente aplicado por los productores ni han sido investigado. De hecho, existen escasos reportes de heterosis individual en cuyes para caracteres productivos y reproductivos. Meza *et al.* (2018), reportaron bajos porcentajes de heterosis para peso a los 85 días de edad (1.3 y 1.5 por ciento), ganancia diaria de peso (-3.0 y 3.9 por ciento) e índice de conversión alimenticia (7.4 y 7.8 por ciento) en cruces de cuyes de raza Perú x Andina y Perú x Inti. No obstante, dicho estudio no reporta la significancia estadística de los valores estimados de heterosis.

### **b. Heterosis materna**

La heterosis materna se define como la ventaja en el desempeño de madres cruzadas (F1) sobre el promedio del desempeño de las madres puras. Este tipo de heterosis se observa en cruzamientos de tres o cuatro vías, usados actualmente en sistema de producción de carne de conejo, porcino, y aves de producción de carne y huevos. Estos cruzamientos se llevan a cabo para mejorar el desempeño productivo de las hembras. De esta manera, se obtienen hembras precoces con mejores tamaños de camada, tasas de supervivencia de las crías al destete y mayor longevidad (Blasco 2021; Getahun *et al.* 2019; Wakchaure *et al.* 2015).

### **c. Heterosis paterna**

La heterosis paterna es la superioridad de los padres cruzados (F1) sobre el promedio de la performance de los padres puros. Este tipo de heterosis se observa en cruzamientos a cuatro vías comúnmente aplicados en sistemas de crianza de aves para producción de carne y huevo.

En estos sistemas se obtienen machos precoces, con mejor líbido y con mejores características espermáticas (Blasco 2021; Getahun *et al.* 2019; Wakchaure *et al.* 2015).

## **2.6. ADOPCIÓN DE PAQUETES TECNOLÓGICOS POR PARTE DE LOS PRODUCTORES**

### **a. Rol de los productores dentro de los programas de mejora genética animal**

En todo proceso de generación, difusión y adopción de tecnologías intervienen tres tipos de actores. Primero, el proveedor de la innovación o paquete tecnológico, que puede ser la universidad, un instituto de investigación, una organización no gubernamental (ONG), una empresa o incluso el mismo productor. Segundo, el receptor de la tecnología, que involucra a empresas, asociaciones, grupos o individuos con necesidades de innovar para mejorar su actividad productiva. Por último, el intermediario, considerado como un actor indispensable en la difusión y transferencia de los conocimientos innovadores o tecnología (González 2011).

La generación, difusión y adopción de tecnologías o conocimientos innovadores de programas de mejora genética animal también responden a la interacción de los actores antes mencionados. Sin embargo, la ejecución de estos programas en especies exóticas introducidas o especies nativas, como el cuy que es criado por pequeños o medianos productores, es una tarea complicada pero no imposible (FAO 2010). Para el desarrollo de estos programas se recomienda incluir a los productores, porque son una fuente valiosa de conocimientos empíricos y tradicionales. La participación activa de los productores permite conocer sus necesidades específicas y opiniones que ayudarían a generar un producto adecuado tanto para el criador como para el mercado (FAO 2016; Mueller *et al.* 2015).

### **b. Transferencia y adopción de paquetes tecnológicos**

La transferencia de tecnología en el sector agropecuario tiene como principal objetivo impulsar el crecimiento y desarrollo de los productores, mediante la incorporación de innovaciones o paquetes tecnológicos válidos, confiables, realistas y adaptables a un ambiente y situación determinada. Ello a través de la extensión agropecuaria, que propicia

la difusión de estas tecnologías (Fernández 2007; Ordóñez 2003). La extensión agropecuaria aproxima al campo el producto de las investigaciones científicas enfocadas en resolver una problemática determinada (Fernández 2007; Nafes 2005).

El proceso formativo de paquetes tecnológicos es complejo y los resultados dependen de varios factores, como la actitud, la percepción y los conocimientos de los productores (Meijer *et al.* 2015). La actitud de los productores está determinada por factores personales como el género (varón o mujer), la edad, el estado civil (soltero, casado, viudo, divorciado) y la educación. La percepción de los productores hacia las nuevas tecnologías está determinada por la confianza, la familiaridad y los beneficios que dicha tecnología ofrezca. Las características socioeconómicas también son importantes y están determinadas por el acceso a créditos bancarios, posesión de terreno agrícola, ingresos económicos, etc. Las condiciones sociales, culturales y políticas cumplen también un rol importante (Meijer *et al.* 2015; Escobal 2017; Lambrecht *et al.* 2014).

### **c. Diferentes paquetes tecnológicos adoptados en la producción de cuyes**

Desde hace décadas instituciones como, el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), la Universidad Nacional Agraria la Molina, la Universidad Nacional del Centro del Perú, el Instituto Veterinario de Innovaciones Tropicales y de Altura (IVITA), entre otras; han llevado a cabo investigaciones en áreas como alimentación y nutrición, reproducción, mejora genética, manejo, instalaciones y equipamiento, faenamamiento y procesamiento de la carne de cuy. Permitiendo el desarrollado de innovaciones y generando paquetes tecnológicos en la producción de cuyes (Chauca 2007, 2022; Jiménez y Huamán 2010).

Actualmente, podemos distinguir dos tipos de paquetes tecnológicos aplicados en la producción de cuyes. Entre estos, el tipo más difundido y practicado entre los productores es el propuesto por el INIA, el cual, consiste en la adquisición de animales de raza, como la Perú, Inti o Kuri (INIA 2004, 2021), que se deben criar bajo un sistema de empadre continuo, que permite aprovechar los celos posparto. Los animales de reemplazo se eligen de la recría de la misma granja y rara vez incorporan nuevos reproductores. La crianza se debe llevar a

cabo dentro de una infraestructura (galpón) con buena iluminación, ventilación y que sea funcional. Además que cuente con equipos que permitan monitorear la temperatura y humedad dentro del galpón, con la finalidad de garantizar el confort de los animales (Chauca 1997; Mosqueira 2019).

Por otro lado, el IVITA propone que la producción de carne de cuy se realice empleando reproductores cruzados (F1). Para ello, el IVITA ha desarrollado dos líneas paternas (Precoz y Cárnica) y dos maternas (Lechera y Prolífica). Las dos líneas paternas son cruzadas para generar el macho reproductor F1, la hembra reproductora F1 es producto del cruce de las dos líneas maternas. En las granjas, los reproductores F1 se crían bajo un sistema de empadre controlado, el cual consiste en dividir la población de hembras reproductoras F1 en tres grupos. El proceso de cruzamiento se desarrolla de forma escalonada, es decir, los machos reproductores F1 se cruzan con un grupo de hembras reproductoras F1, 30 días después se cruza con el siguiente grupo de hembras y finalmente el tercer grupo se cruza 30 días después del segundo grupo. De esta manera el primer grupo de hembras F1 se volverán a cruzar un mes después del tercer grupo, repitiéndose el ciclo de cruzamientos.

Los machos reproductores F1 solamente estarán con las hembras F1 por un periodo de 21 días, teniendo una semana de descanso antes de cruzarse con el siguiente grupo. Bajo este sistema, todos los animales producidos deben ser destinadas al mercado, por lo tanto, los criadores siempre deben adquirir reproductores machos y hembras F1. Todo ello debe desarrollarse dentro de un galpón que asegure el confort de los animales como se mencionó anteriormente (Jiménez y Huamán 2010).

En ambas propuestas, los animales reproductores se mantienen en el galpón por un periodo de un año. El destete de las crías se realiza 15 días después del parto (Chauca 1997; Jiménez y Huamán 2010). Además, se recomienda proporcionar al animal una alimentación mixta con forraje fresco y concentrado, y agua *ad libitum*. El concentrado deberá de proporcionar los nutrientes necesarios para un adecuado desarrollo de la función reproductiva en el caso



de los animales reproductores y un rápido crecimiento en el caso de la recría y engorde (Reynaga 2018; Solorzano 2014).

Ambas alternativas proponen el desarrollo de la crianza en pozas, sin embargo, existen trabajos de investigación donde se plantea el uso de jaulas en la crianza de cuyes en etapas de recría y engorde. Este tipo de equipamiento podría convertirse en una importante alternativa a la crianza en poza, debido a que no se ha reportado ninguna desventaja productiva. Además, permite una mejor limpieza y control de enfermedades (Huamaní 2017; Mosqueira 2019).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. ESTUDIO 1: ÍNDICES POBLACIONALES DE LAS CUATRO LÍNEAS DE CUYES DE IVITA – EL MANTARO**

##### **a. Lugar**

El presente estudio se realizó en el Programa de Investigación y Proyección Social en Mejoramiento Animal de la Universidad Nacional Agraria La Molina, en colaboración con el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) – El Mantaro de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y el Grupo de Investigación en Mejora Genética Animal de University of Natural Resources and Life Sciences (BOKU), Viena, Austria.

Las instalaciones del IVITA – El Mantaro (Oficinas y galpones) se encuentran en el distrito el Mantaro, Valle del Mantaro, Junín (Figura 1). Tiene tres galpones de 600 metros cuadrados (10 m ancho x 60 m largo), dos de ellos (Galpón 1 y 2) están dedicados exclusivamente a la crianza de los cuyes de las líneas puras (Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica), y el tercero (Galpón 3) está destinado a realizar los cruces entre las líneas genéticas. Durante el año, el Valle del Mantaro presenta temperaturas entre 5 a 20°C y precipitación de 760 mm (SENAMHI, 2020). El Valle es un área agrícola productora de cultivos de primera necesidad (papa, maíz, trigo y leguminosas). Además, se desarrolla la crianza de bovinos, ovinos y cuyes (Cuellar y Medina 2009).



**Figura 1. Localización del Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) - El Mantaro (3), Junín (2), Perú (1)**

### **b. Líneas genéticas**

El IVITA – El Mantaro ha desarrollado cuatro líneas genéticas de cuyes (Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica) con el objetivo de establecer un programa de cruzamiento para generar animales reproductores F1, los que a su vez serán utilizados para producir animales comerciales (Figura 2). Cada línea genética se formó como poblaciones cerradas con 200

hembras y 15 machos. La línea Precoz se fundó en base a cuyes de la raza Perú, y la línea Prolífica en base a la raza Andina (INIA 2004, 2005). Por otro lado, las líneas Cárnica y Lechera se fundaron a partir de cuyes de granjas de la zona del Valle del Mantaro. Los animales que formaron parte de la población base de la línea Cárnica se caracterizaron por presentar ganancias de peso superiores al promedio de las granjas de las que fueron adquiridos. Además, los cuyes que dieron origen a la población base de la línea Lechera fueron animales que provenían de camada superior a 3 crías y que se destetaron con pesos superiores al promedio de las granjas de donde se adquirieron.

Como parte del proceso de establecimiento de las líneas genéticas de cuyes, el IVITA – El Mantaro realizó, en cada una de las líneas, una reproducción aleatoria para establecer la población base. Posterior a ello, el IVITA – El Mantaro estableció el número de animales dentro de cada línea genética: 240 animales en las líneas paternas (48 machos y 192 hembras) y 120 en las líneas maternas (24 machos y 96 hembras). Una vez conformadas las poblaciones se empezó a seleccionar a los cuyes en base a su desempeño, esto durante las tres primeras generaciones. A partir de la cuarta generación, el IVITA – El Mantaro empleó la prueba de progenie, basada en Falconer y Mackay (1981). El IVITA – El Mantaro selecciona a los reproductores de la siguiente generación en base al valor genético que han obtenido sus padres. Los criterios de selección establecidos en las diferentes líneas fueron: la ganancia de peso en la línea Precoz, el índice de conversión alimenticia parcial (ICAP) en la línea Cárnica, la ganancia de peso de la camada a los 10 días de edad en la línea Lechera y el tamaño de camada al nacimiento en la línea Prolífica.

El IVITA – El Mantaro emplea el ICAP debido a que para el IVITA es complicado calcular el índice de conversión alimenticia real, el cual debe contemplar el consumo de alimento total (suplemento y forraje) de los cuyes. El ICAP se calculó como el cociente entre la cantidad de suplemento consumido por los cuyes y la ganancia de peso de los cuyes. Este índice no considera la cantidad de forraje consumido por los animales.

Actualmente, las líneas paternas se encuentran en la generación 25 de selección y las líneas maternas en la generación 17. Sin embargo, el presente estudio sólo ha utilizado información hasta la generación 18 y 12 en las líneas paternas y maternas, respectivamente.

Por otro lado, las hembras y machos reproductores de las líneas puras que ya han sido reemplazados por los animales seleccionados son trasladados a otro galpón donde se producen los cuyes F1, denominados por IVITA – El Mantaro como “cuyes reproductores G o cuyes RG”. Los cuyes machos RG se forman a partir del cruzamiento de las líneas paternas (Precoz x Cárnica) y las hembras RG, a partir del cruce de las líneas maternas (Lechera x Prolífica). Los cuyes RG se ofrecen a los criadores para que ellos produzcan cuyes para el mercado. Según Jiménez y Huamán (2010) dichos cuyes son animales especializados en producir crías con los mayores rendimientos de carne, para mejorar los índices productivos en granja.



Figura 2. Esquema de cruzamiento de líneas de cuyes de IVITA - El Mantaro

Fuente: Jiménez y Huamán (2010)

### **c. Manejo y alimentación**

El manejo de los cuyes que el IVITA – El Mantaro aplica se basa en el sistema de crianza controlada. Este sistema de crianza permite el manejo y control de los animales en las diferentes etapas de la crianza. De esta manera, antes de realizar el empadre de lo cuyes (un macho con cuatro hembras), y cuyo periodo dura 30 días, se realiza una inspección sanitaria y se determina el índice de condición corporal de los animales. Esto permite introducir animales a la etapa reproductiva en buenas condiciones físicas y sanitarias. En el último día de esta etapa (día 30) se realiza el diagnóstico de gestación a través de la palpación abdominal de las hembras, permitiendo llevar un control de la funcionalidad reproductiva de todos los animales, además de separar a las hembras con diagnóstico positivo de gestación en una poza colectiva denominada “poza de gestación”, en esta área las hembras preñadas permanecen 30 días.

En las pozas de gestación se monitorea visualmente el desarrollo normal de las hembras gestantes, en caso de identificarse algún problema sanitario o de aborto, se aíslan a las hembras para su posterior tratamiento y descarte. Finalizado este periodo, todas las hembras son trasladadas a pozas individuales, en las cuales permanecerán 21 días. En estas pozas las hembras parirán y cuidarán a sus crías hasta el destete (15 días de edad de las crías). Finalizada esta etapa, los reproductores son retiradas del galpón y las crías pasan a una etapa de evaluación.

El manejo de los animales destetados en la etapa de evaluación dependerá de la línea genética a las que pertenezcan. Los animales destetados de la línea Precoz son sexados y dispuestos en grupos de 15 animales por poza, en este caso sólo se toma registro del peso inicial y final de los animales. En el caso de la línea Cárnica, los animales destetados son dispuestos en jaulas individuales, en las cuales se registra el consumo de suplemento y los pesos iniciales y finales. En ambos casos los animales son evaluados hasta la edad de 60 días. En el caso de las líneas maternas, se evalúan a las hembras destetadas que hayan llegado a etapa reproductiva. Estas se aparean con machos de la misma línea. Se registra el peso de camada al nacimiento y a los 10 días de edad en la línea Lechera, y el tamaño de camada al nacimiento en las líneas Prolífica.

El IVITA – El Mantaro proporciona una alimentación mixta a todos sus cuyes, constituida aproximadamente por un 70 por ciento de forraje cultivado y un 30 por ciento de suplemento. El IVITA – El Mantaro produce forraje para sus cuyes, cultivando una asociación de alfalfa, ray gras italiano y trébol rojo, pero compra el suplemento a terceros, el cual es elaborado con afrecho, harina de maíz o trigo y soja. El alimento se suministra una sola vez al día (por las mañanas) y se proporciona también agua *ad libitum*.

#### **d. Información de genealogía y de las características evaluadas**

Para el desarrollo de este estudio se ha utilizado información genealógica, y de caracteres productivos y reproductivos registrados por IVITA El Mantaro (Tabla 5). La información comprende datos registrados entre el 2009 y el 2018 en las líneas maternas (Lechera y Prolífica) y entre el 2011 y el 2018 en las líneas paternas (Precoz y Cárnica). Las bases de datos de la genealogía de las cuatro líneas incluyeron el código del animal, de su padre y madre, la fecha de nacimiento y el sexo. Por otro lado, los caracteres productivos registrados fueron los pesos al nacimiento, destete y a los 60 días de edad, pesos de la camada al nacimiento, y a los 10 días de edad, tamaños de camada y número de crías nacidas vivas.

**Tabla 5. Número de animales y de datos registrados de caracteres productivo en cada línea genéticas de cuyes de IVITA**

	Precoz	Cárnica	Lechera	Prolífica
N° de animales en total	9171	6229	5662	5651
N° de padres	607	614	318	310
N° de madres	2409	1515	1494	1524
Caracteres registrados				
Peso al nacimiento	7983	2721	-	-
Peso al destete	-	3108	-	-
Peso a los 60 días	7323	3091	-	-
Conversión alimenticia parcial	-	2799	-	-
Peso de la camada	1821	-	2342	-
Peso de la camada a los 10 días	-	-	2375	-
Tamaño de camada	1821	-	2485	2454
Número de nacidos vivos	1821	-	2485	2454

#### **e. Heredabilidad y Correlaciones Genéticas**

En primer lugar, se editó la base de datos de los registros de caracteres productivos y reproductivos usando el software SAS 9.2 (2004), considerando sólo los datos comprendidos entre el valor promedio  $\pm 3.5$  desviaciones estándar. La Tabla 6 contiene el número de datos por carácter registrado por el IVITA El Mantaro para cada línea genética de sus cuyes, utilizados en el presente estudio.



**Tabla 6. Número de datos por carácter registrado para cada línea genéticas de cuyes de IVITA**

Caracteres registrados	Precoz	Cárnica	Lechera	Prolífica
Peso al nacimiento	7627	2109	-	-
Peso al destete	-	2397	-	-
Peso a los 60 días	6983	2386	-	-
Conversión alimenticia parcial	-	2093	-	-
Peso de la camada	1821	-	1874	-
Peso de la camada a los 10 días	-	-	1848	-
Tamaño de camada	1821	-	1876	1774
Número de nacidos vivos	1821	-	1876	1774

Para calcular los promedios de los caracteres productivos y reproductivos, y para estimar las heredabilidades y correlaciones genéticas se estableció el efecto fijo “periodo”, con dos niveles: “periodo seco” y “periodo lluvioso”, ello teniendo en cuenta a las condiciones climáticas del Valle del Mantaro. Los meses de mayo a octubre constituyen el “periodo seco” y los meses de noviembre a abril constituyen el “periodo lluvioso”. Además, se determinó emplear el efecto fijo “grupo”, debido a que el IVITA – El Mantaro agrupa a sus cuyes dentro de cada población para realizar los empadres. El número de grupos ha sido invariable desde la fundación de las líneas genéticas. Cada grupo está conformado por ocho familias y cada familia la conforman un cuy macho y cuatro hembras. En las líneas paternas, el IVITA – El Mantaro ha establecido seis grupos dentro de cada población, y en las líneas maternas se estableció tres grupos. El número de grupos corresponde al número de niveles del factor fijo “grupo”.

Los promedios de los caracteres registrados fueron calculados usando el Software SAS 9.2 (2004).

Las heredabilidades y correlaciones genéticas se estimaron usando un modelo animal bicaracter para el peso al nacimiento y peso a los 60 días en la línea Precoz, y para el tamaño de camada y número de nacidos vivos en la línea Prolífica, y un modelo animal multicaracteres para el peso de la camada, tamaño de camada y número de nacidos vivos en la línea Precoz, para el peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 60 días y conversión

alimenticia parcial en la línea Cárnica, y para el peso de la camada, el peso de la camada a los 10 días, el tamaño de camada y el número de nacidos vivos. Los componentes de varianza se estimaron utilizando el método REML, implementados en el software VCE v6.02 (Groeneveld *et al.* 2010). Los modelos utilizados se detallan a continuación:

El modelo utilizado para el peso al nacimiento y el peso al destete fue:

$$y = Xb + Wc + Zu + Mm + e$$

El modelo empleado para el peso a los 60 días y la conversión alimenticia parcial fue:

$$y = Xb + Zu + e$$

El modelo utilizado para tamaño de camada (TC) y el número de crías nacidas vivas (excepto para TC en la línea Prolífica) fue:

$$y = Xb + Wc + Zu + e$$

El modelo empleado para el tamaño de camada en la línea prolífica fue:

$$y = Xb + Wc + Zu + Pp + e$$

Donde:

y = vector de observaciones

b = vector de efectos fijos de año, periodo (seco: mayo – octubre y lluvioso: noviembre – abril) y de grupo (líneas paternas: seis niveles, líneas maternas: tres niveles), cada grupo está compuesto por ocho machos y 32 hembras. El efecto fijo sexo sólo fue incluido en la línea Precoz, debido a que sólo en esta línea se registraron los pesos de animales machos y hembras. En la línea Cárnica solo se registro los pesos de los cuyes machos.

c = vector del efecto aleatorio camada común

p = vector del efecto aleatorio del ambiental permanente

u = vector del efecto aleatorio genético directo

m = vector del efecto aleatorio genético materno

e = vector de efectos aleatorios residuales

X, W, P, Z, M son las matrices de incidencia relacionado con los efectos fijos, camada común, ambiental permanente, y de los efectos genéticos directos y maternos, respectivamente.

En el caso de las características peso al nacimiento y peso al destete, en las cuales se incluyo dentro del modelo el efecto aleatorio genético materno, se estimaron también las covarianzas entre el efecto genético directo y materno para ambos caracteres.

#### **f. Estructura poblacional**

En este caso se empleó la base de datos de genealogía de cada línea de cuyes (Tabla 5). Para las cuatro líneas se estimaron lo siguiente:

Número efectivo de fundadores:  $f_e = 1 / \sum_{k=1}^f q_k^2$

Número efectivo de ancestros:  $f_a = 1 / \sum_{j=1}^f q_j^2$

Coefficiente de consanguinidad promedio: F

Tamaño efectivo de la población:  $N_e = 1 / 2\Delta F$

Número de generaciones equivalentes:  $EqGi = \sum (1/2)^n$

Donde:

$q_k^2$ : es la contribución genética del fundador k a la población de referencia.

$q_j^2$ : es la contribución marginal de un ancestro j.

$\Delta F$  se calculó como el coeficiente de regresión ( $b$ ) del coeficiente de consanguinidad sobre el número de generaciones equivalentes

$n$ : es el número de generaciones en las que el animal está separado de cada antepasado con un registro conocido (Maignel *et al.* 1996).

Se estimaron estos valores usando el software ENDOG v4.8 (Gutiérrez *et al.* 2010).

### **3.2. ESTUDIO 2: HETEROSIS INDIVIDUAL DE CARACTERES PRODUCTIVOS**

#### **a. Lugar**

El estudio 2 se realizó en el galpón del IVITA – El Mantaro. Se habilitó un área dentro del Galpón 3 para desarrollar el experimento de cruzamientos. Los cruzamientos fueron realizados entre setiembre del 2021 y enero del 2022. La temperatura promedio diaria durante dicho periodo fue de 13°C, con una precipitación promedio diaria de 15 mm. (SENAMHI 2020).

#### **b. Animales**

Para realizar el presente estudio se emplearon machos adultos de 3 a 4 meses de edad y hembras adultas de 3 partos. En total se emplearon 49, 65, 50 y 34 hembras de las líneas Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica respectivamente. También, se emplearon 12, 16, 13 y 8 machos de las líneas Precoz, Cárnica, Lechera y Prolífica respectivamente. Ello permitió realizar 130 empadres dentro de cada línea pura (Precoz x Precoz: 33, Cárnica x Cárnica: 36, Lechera x Lechera: 30 y Prolífica x Prolífica: 31) y 68 cruces entre líneas maternas y paterna (Precoz x Cárnica: 29, Cárnica x Precoz: 16, Lechera x Prolífica: 3 y Prolífica x Lechera: 20). La alimentación y el manejo de los animales en este estudio fue el mismo que se detalló en el Estudio 1.

### c. Caracteres productivos

Para este estudio se realizó el registro del peso al nacimiento, a los 10 días, al destete (15 días de edad) y a los 60 días de todas las crías nacidas de los diferentes empadres o cruces mencionados. La Tabla 7 contiene el número de datos registrados por el IVITA El Mantaro para los carácter productivo antes mencionados y por tipo de cruce realizado.

**Tabla 7. Número de datos registrados para caracteres productivos y cruces**

Tipo de cruce	Peso al nacimiento	Peso a los 10 días	Peso al destete	Peso a los 60 días
Precoz x Precoz	100	96	90	51
Cárnica x Cárnica	102	100	97	45
Precoz x Cárnica	93	76	76	42
Cárnica x Precoz	53	47	44	19
Lechera x Lechera	89	74	73	47
Prolífica x Prolífica	78	72	72	41
Lechera x Prolífica	11	11	11	4
Prolífica x Lechera	60	58	57	32

### d. Heterosis individual

Los análisis se realizaron de forma separada tanto para los cruces dentro de las líneas paternas como para los cruces dentro de las líneas maternas. El modelo lineal empleados para determinar el efecto del tipo de cruce para el peso al nacimiento, a los 10 días y al destete se describen a continuación:

$$y = \text{Tipo de cruce} + \text{Sexo} + \text{Periodo} + \text{TC} + \text{ICC} + \varepsilon$$

Para el peso a los 60 días se empleó el siguiente modelo lineal:

$$y = \text{Tipo de cruce} + \text{Sexo} + \text{Periodo} + \text{TCD} + \varepsilon$$

Donde, en ambos:

y: Peso al nacimiento, a los 10 día, destete o a los 60 días.

Tipo de cruce: Efecto del cruce, presenta cuatro niveles.

Sexo: Efecto del sexo, presentando dos niveles: macho y hembra.

Periodo: Efecto del periodo, presentando dos niveles: seco y lluvioso.

TC: Efecto del tamaño de camada en que nacieron los animales.

TCD: Efecto del tamaño de camada al destete en que nacieron los animales.

ICC: Efecto del índice de condición corporal de la madre.

$\varepsilon$ : Efecto aleatorio residual

La heterosis de los diferentes caracteres fue calculada como la diferencia entre la media de las líneas puras y los cruces, como se muestra a continuación:

$$h_{AB} = ((\bar{X}_{AB} + \bar{X}_{BA})/2) - ((\bar{X}_{AA} + \bar{X}_{BB})/2)$$

Para determinar el efecto del tipo de cruce se realizó un análisis de la varianza y la significancia de la heterosis se determinó empleando contrastes ortogonales, donde se le asignó -0.5 a las líneas puras y 0.5 para los cruces, de acuerdo con los cruces antes mencionados. Para ambos casos se utilizó el Software RStudio.

### **3.3. ESTUDIO 3: PERCEPCIÓN Y ACEPTACIÓN DE LOS CUYES RG POR PARTE DE LOS PRODUCTORES DEL VALLE EL MANTARO**

#### **a. Lugar y productores encuestados**

El presente estudio se llevó a cabo en las provincias de Concepción, Jauja y Huancayo. Las cuales presentan áreas agrícolas productoras de cultivos de primera necesidad (papa, maíz, trigo y leguminosas). Además, se desarrolla la crianza de bovinos, ovinos y cuyes (Cuellar y Medina 2009). Estas provincias fueron elegidas por IVITA para evaluar los cuyes RG.

Se entrevistaron a 34 productores que compraron cuyes del IVITA – El Mantaro entre los años 2016 y 2019. Los productores fueron seleccionados aleatoriamente de los registros de ventas de cuyes RG del IVITA – El Mantaro y fueron contactados por teléfono para preguntarles si estarían de acuerdo en formar parte del presente estudio y si nos autorizaban a visitarlos y entrevistarlos. De esta manera se logró contar con la participación de 17, 12 y 5 productores de cuyes de las provincias de Concepción (17), Jauja (12) y Huancayo (5).

#### **b. Encuestas**

La encuesta presentó preguntas abiertas y cerradas sobre el manejo, alimentación, sistema de empadre, capacitación y productos ofertados por los criadores (Tabla 8 y Anexo 1). También, se les pidió su opinión sobre los cuyes reproductores de IVITA – El Mantaro (cuy RG) y sobre su descendencia. Previa aplicación de la encuesta, se realizó un ensayo aplicando el cuestionario elaborado a personas relacionados con la crianza de cuyes, para determinar si el cuestionario era claro y entendible. Las encuestas se aplicaron previo consentimiento de los criadores. Además, se garantizó el anonimato en el manejo y análisis de la información recabada.

**Tabla 8. Información recabada a través de encuestas a productores de cuyes del Valle El Mantaro**

Sección	Información recabada
Datos generales	Años dedicados a la crianza de cuyes
	Número de animales por categoría que actualmente crían
	Tipo de alimentación que proporciona a sus cuyes
	Sistema de empadre que emplean
Venta	Tipo, peso y precio de los productos que venden
	Mercado de destino de sus productos
Cuyes de IVITA	Años dedicados a la crianza de cuyes de IVITA
	Adquisición de cuyes de IVITA (número de animales y frecuencia de adquisición)
	Razones por que dejó de adquirir cuyes de IVITA
	Cambios realizados en la crianza de cuyes frente a la compra de cuyes de IVITA
	Manejo reproductivo de los cuyes de IVITA
	Opinión sobre los cuyes de IVITA y sus crías
	Ha recomendado cuyes de IVITA
	Capacitación: institución y frecuencia con que se capacita.
Caracteres que deben mejorar en cuyes de IVITA	

Los datos recabados a través de las encuestas realizadas, detallados en la Tabla 8 se informatizaron| y codificaron en Microsoft Excel y se realizó un análisis descriptivo usando el software SAS 9.2 (2004). Se calcularon promedios, desviaciones estándar y porcentajes.



## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 ESTUDIO 1: ÍNDICES POBLACIONALES DE LAS CUATRO LÍNEAS DE CUYES DE IVITA – EL MANTARO

#### a. Caracteres productivos y reproductivos en cada línea de cuyes de IVITA – El Mantaro

Se calcularon los principales estadísticos descriptivos (promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, valores mínimo y máximo) de cada uno de los caracteres registrados dentro de cada línea genética de cuyes de IVITA – El Mantaro (Tabla 9 y 10).

**Tabla 9. Número de datos (N), promedio, desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), valor mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de caracteres registrados en las líneas Precoz y Cárnica**

	N	Promedio	DS	CV	Mín.	Máx.
<b>Precoz</b>						
Peso al nacimiento	7627	147	26.5	0.18	62	242
Peso a los 60 días	6983	814	143.4	0.18	314	1279
Peso de la camada	1821	489	137.1	0.28	101	887
Tamaño de camada	1821	3.6	1.1	0.31	1	7
Número de nacidos vivos	1821	3.3	1.1	0.33	1	6
<b>Cárnica</b>						
Peso al nacimiento	2109	151	27.2	0.18	61	243
Peso al destete	2397	285	60.2	0.21	110	484
Peso a los 60 días	2386	811	108.1	0.13	427	1140
Conversión alimenticia parcial	2093	4.2	1.0	0.23	1.0	7.6

**Tabla 10. Número de datos (N), promedio, desviación estándar (DS), coeficiente de variación (CV), valor mínimo (Mín.) y máximo (Máx.) de caracteres registrados en las líneas Lechera y Prolífica**

	N	Promedio	DS	CV	Mín.	Máx.
<b>Lechera</b>						
Peso de la camada	1874	536	137.2	0.26	101	966
Peso de la camada a los 10 días	1848	872	217.7	0.25	211	1505
Tamaño de camada	1876	3.7	1.1	0.31	1	8
Número de nacidos vivos	1876	3.3	1.1	0.32	1	7
<b>Prolífica</b>						
Tamaño de camada	1774	4.2	1.3	0.32	1	8
Número de nacidos vivos	1774	3.7	1.2	0.34	1	7

Los resultados obtenidos reflejan el estado fenotípico productivo de las líneas de cuyes de IVITA – El Mantaro. Es así que el peso promedio al nacimiento para las líneas Precoz (147 g) y Cárnica (151 g) son similares a los obtenidos por Cruz *et al.* (2022) para las líneas Saño y Mantaro (149 – 154 g). Sin embargo, nuestros resultados para dicho carácter son ligeramente superiores a los valores reportados para otras líneas genéticas (113 – 146 g) (Higaonna *et al.* 2004, 2011; Chauca *et al.* 2004; INIA 2005; Rodríguez *et al.* 2013; Yamada *et al.* 2018). Por otro lado, el peso promedio al destete para la línea Cárnica (285 g) está dentro del rango reportado por otros autores (297 – 303 g) (Cruz *et al.* 2022).

El objetivo en la producción de cuyes es obtener animales de 1000 g de peso vivo al sacrificio (56 días de edad) (Chauca 2013, 2022; Chauca *et al.* 2004). Por ello, es común observar en la literatura el reporte del peso de cuyes a los 56 días de edad, con valores entre los 586 g y 1041 g (Chauca *et al.* 2013; Cruz *et al.* 2022; Cruz *et al.* 2021; Higaonna *et al.* 2004; Higaonna *et al.* 2011; INIA 2004; Remigio *et al.* 2013; Solarte *et al.* 2002). Sin embargo, el IVITA – El Mantaro reporta para sus líneas paternas (Precoz y Cárnica) el peso a los 60 días de edad como edad apropiada para el sacrificio. La diferencia de edad al sacrificio entre lo reportado por IVITA y lo encontrado en la literatura hace difícil contrastar directamente nuestros resultados con los reportados por otros autores, debido a que si bien es cierto son

valores de pesos al sacrificio, estos son tomados a diferentes edades. No obstante, los pesos a los 60 días de edad para la línea Precoz (814 g) y Cárnica (811 g) están dentro del rango mencionado de pesos para cuyes de 56 días, pero aún por debajo de los 1000 g.

El índice de conversión alimenticia (ICA) en esta especie ha sido reportado por varios autores (2.8 a 5.0) (Remigio *et al.* 2013; Portocarrero y Hidalgo 2015; Saucedo *et al.* 2018). El resultado obtenido para la conversión alimenticia parcial en la línea Cárnica es considerado alto (4.2), posiblemente esto se debe a que este valor sólo toma en cuenta el consumo de suplemento para su cálculo, ignorando el consumo de forraje. Esta forma parcial de calcular el ICA podría favorecer a los animales que aprovechan el suplemento más eficientemente, debido a que dicho índice relaciona de forma inversa a la ganancia de peso y al consumo de suplemento.

Por otro lado, Rodríguez *et al.* (2015) y Yamada *et al.* (2018) reportaron pesos promedios de 432 g y 390 g, respectivamente, para el peso de la camada en cuyes. Nuestros resultados fueron valores más altos para este carácter (489 g y 536 g) en las líneas Precoz y Lechera versus lo reportado en la literatura. Por otro lado, el peso de la camada a los 10 días sólo ha sido reportado en la literatura para la línea Lechera (650 g), debido a que es el criterio de selección en dicha línea genética (Jiménez y Huamán 2010). En nuestro estudio, el promedio para el peso de la camada a los 10 días fue de 870 g. Sin embargo, Rodríguez *et al.* (2015) y Yamada *et al.* (2018) reportaron pesos de camada al destete (15 días de edad) de 659 g y 641 g para la línea Cieneguilla y cuy G, respectivamente. Nuestro resultado fue superior a los valores reportados para el peso de la camada al destete (15 días de edad), lo cual evidencia una superioridad fenotípica de la línea Lechera. No obstante, como podemos observar es necesario uniformizar el registro de los caracteres entre todas las líneas y razas de cuyes para realizar mejores comparaciones.

Los valores reportados para el tamaño de camada y el número de nacidos vivos están dentro del rango de 2.8 a 3.6 y de 2.8 a 3.3 crías, respectivamente (Higaonna *et al.* 2004, 2011; Rodríguez *et al.* 2015; Yamada *et al.* 2018). Nuestro estudio muestra valores para estos

caracteres en tres líneas genéticas. El promedio para el tamaño de camada y número de nacidos vivos fueron de 3.6 y 3.3 en la línea Precoz, de 3.7 y 3.3 en la línea Lechera y de 4.2 y 3.7 en la línea Prolífica, respectivamente. El tamaño de camada es un carácter importante en especies prolíficas como el cuy, debido a su importancia económica dentro de la producción de carne (Pascual *et al.* 2017). Por ello sería esencial registrar dicho carácter durante todo el periodo de crianza y no sólo al nacimiento. Esta información adicional podría también proveer datos para calcular el índice de mortalidad y de supervivencia en la etapa pre y post destete.

#### **b. Heredabilidades y correlaciones genéticas de caracteres productivos y reproductivos en cada línea de cuyes de IVITA – El Mantaro**

Las heredabilidades y correlaciones genéticas para los diferentes caracteres evaluados en las diferentes líneas genéticas de cuyes se muestran en las Tablas 11, 12, 13, 14 y 15. Las heredabilidades directas del peso al nacimiento ( $0.21 \pm 0.02$  y  $0.23 \pm 0.03$ , para la línea Precoz y Cárnica, respectivamente) y maternas del peso al nacimiento ( $0.12 \pm 0.02$  y  $0.14 \pm 0.03$ , para la línea Precoz y Cárnica, respectivamente) fueron similares en las líneas paternas. Sin embargo, la heredabilidad para el peso a los 60 días fue mayor en la línea Cárnica que en la Precoz ( $0.34 \pm 0.01$  vs  $0.47 \pm 0.03$ , respectivamente) (Tabla 11 y 13).

La heredabilidad para el peso al nacimiento, el peso al destete y el peso a las ocho semanas (56 días) de edad son comúnmente reportados en cuyes. Sin embargo, reportes de heredabilidades para el peso a los 60 días de edad, el tamaño de camada, el número de nacidos vivos, el peso de camada al nacimiento, y reportes de heredabilidades materna para el peso al nacimiento y el peso al destete son escasos en cuyes. Además, valores de heredabilidades para el índice de conversión alimenticia y para el peso de camada a los 10 días de edad no han sido encontrados en la literatura.

**Tabla 11. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso al nacimiento y el peso a los 60 días para la línea Precoz**

Carácter	Peso al nacimiento	Peso a los 60 días	mPeso al nacimiento
Peso al nacimiento	0.21 (0.02)	0.64 (0.04)	-0.24 (0.10)
Peso a los 60 días		0.34 (0.01)	0.35 (0.07)
mPeso al nacimiento			0.12 (0.02)

mPeso al nacimiento: efecto genético materno para el peso al nacimiento

**Tabla 12. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso de la camada, tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Precoz**

Carácter	Peso de la camada	Tamaño de camada	Número de nacidos vivos
Peso de camada	0.09 (0.03)	0.70 (0.12)	0.77 (0.09)
Tamaño de camada		0.17 (0.03)	0.92 (0.06)
Número de nacidos vivos			0.09 (0.03)

Las heredabilidades y correlaciones genéticas para caracteres paternos como el peso al nacimiento y el peso a los 60 días de edad, y las heredabilidades y correlaciones genéticas para caracteres maternos como el peso de camada, el tamaño de camada y el número de nacidos vivos en la línea Precoz fueron analizados por separado, porque no se logró la convergencia cuando los datos fueron analizados en conjunto.

**Tabla 13. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso al nacimiento, peso al destete, peso a los 60 días y conversión alimenticia parcial para la línea Cárnica**

Carácter	Peso al nacimiento	Peso al destete	Peso a los 60 días	Conversión alimenticia parcial	mPeso al nacimiento	mPeso al destete
Peso al nacimiento	0.23 (0.03)	0.82 (0.04)	0.72 (0.06)	0.21 (0.09)	-0.11 (0.08)	-0.02 (0.12)
Peso al destete		0.28 (0.03)	0.90 (0.04)	0.24 (0.07)	0.07 (0.12)	0.05 (0.17)
Peso a los 60 días			0.47 (0.03)	0.01 (0.05)	0.20 (0.10)	0.17 (0.11)
Conversión alimenticia parcial				0.46 (0.03)	0.05 (0.11)	0.32 (0.08)
mPeso al nacimiento					0.14 (0.03)	0.89 (0.08)
mPeso al destete						0.11 (0.03)

mPeso al nacimiento: efecto genético materno para el peso al nacimiento, mPeso al destete: efecto genético materno para el peso al destete

Por otro lado, algunas correlaciones genéticas entre el efecto genético directo y materno fueron estadísticamente igual a cero en la línea Cárnica (peso al nacimiento – m peso al nacimiento y peso al destete, peso al destete – m peso al nacimiento y m peso al destete, peso a los 60 días – m peso al destete, conversión alimenticia parcial – m peso al nacimiento). Además, la correlación genética directa entre el peso a los 60 días y la conversión alimenticia parcial fue estadísticamente igual a cero (Tabla 13).

Los valores reportados de heredabilidad para el peso al nacimiento son menores o iguales a 0.17 (Cruz *et al.* 2022; Rivas y Rico 2014; Rodríguez *et al.* 2015; Solarte *et al.* 2002; Vargas 2015; Vargas *et al.* 2015). Sin embargo, en este estudio, se estimaron valores mayores a 0.17 en la línea Precoz ( $0.21 \pm 0.02$ ) y Cárnica ( $0.23 \pm 0.03$ ). La heredabilidad para el peso al destete en la línea Cárnica ( $0.28 \pm 0.03$ ) fue similar a los valores reportados por Rodríguez *et al.* (2013) ( $0.26 \pm 0.07$ ); Vargas (2015) ( $0.24 \pm 0.05$ ) y Vargas *et al.* (2015) (0.25), pero fue mayor a lo mostrado por Solarte *et al.* (2002) ( $0.13 \pm 0.05$ ), Rivas y Rico (2014) (0.11) y Cruz *et al.* (2022) ( $0.18 \pm 0.03$  y  $0.20 \pm 0.05$ , para las líneas Saño y Mantaro, respectivamente). Estas diferencias se deberían al uso de diferentes líneas genéticas, modelos lineales y métodos en la estimación. No obstante, estos valores de heredabilidad están dentro del rango típicos para caracteres productivos (0.20 a 0.40) (Falconer y Mackay 1996; Visscher *et al.* 2008).

Los pesos al nacimiento y los pesos al destete se ven afectados por la capacidad genética de la cría para desarrollarse, por el entorno uterino, la producción de leche y el comportamiento de la madre en la etapa de gestación y lactancia. Esto demuestra que la genética de la madre también cumple un papel importante en dichos caracteres. Por lo tanto, en los programas de mejora genética de especies multíparas es esencial conocer y considerar el efecto genético materno. Por ello en este estudio se estimó la heredabilidad materna ( $h^2_m$ ) para el peso al nacimiento en las líneas Precoz ( $0.12 \pm 0.02$ ) y Cárnica ( $0.14 \pm 0.03$ ), los cuales fueron superiores a lo reportado por Cruz *et al.* (2022) en las líneas Saño ( $0.09 \pm 0.02$ ) y Mantaro ( $0.04 \pm 0.01$ ). Sin embargo, concuerdan con lo reportado por Rodríguez (2013) para la línea Cieneguilla ( $0.12 \pm 0.05$ ).

El valor de la  $h^2_m$  estimada para el peso al destete ( $0.11 \pm 0.03$ ) en la línea Cárnica también fue superior a lo reportado por Cruz *et al.* en las líneas Saño ( $0.05 \pm 0.01$ ) y Mantaro ( $0.05 \pm 0.02$ ), pero menor a lo reportado por Rodríguez (2013) ( $0.28 \pm 0.06$ ). Sin embargo, el valor de la  $h^2_m$  estimada para el peso al destete está en el rango reportado para otras especies prolíficas como el cerdo y el conejo (Ahmad *et al.* 2019; Rastogi *et al.* 2000).

Las heredabilidades, estimadas en este estudio, para el peso a los 60 días (edad al sacrificio) fueron de  $0.34 \pm 0.01$  y  $0.47 \pm 0.03$  para las líneas Precoz y Cárnica, respectivamente. Sin embargo, la mayoría de autores considera que la edad al sacrificio en cuyes es a las ocho semanas. Por ello existen varios reportes sobre valores de heredabilidad para dicho carácter. Cruz *et al.* (2022) reportaron valores de heredabilidades para peso a las ocho semanas de  $0.13 \pm 0.03$  y  $0.14 \pm 0.03$  para las líneas Saño y Mantaro, respectivamente. Sin embargo, Solarte *et al.* (2002), presentaron estimas de  $0.34 \pm 0.04$  para este carácter. Los resultados de este estudio no pueden ser comparados directamente con lo reportado en la literatura debido a la diferencia en edad al sacrificio. Sin embargo, podemos afirmar que estos resultados están dentro del rango de los valores de heredabilidades moderadas (0.20 a 0.40) para caracteres productivos (Falconer y Mackay 1996; Visscher *et al.* 2008).

Otro valor de heredabilidad escasamente reportado en cuyes es el del índice de conversión alimenticia (ICA). Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, en este estudio sólo se tuvo en cuenta la ingesta de suplemento para el cálculo del ICA, debido a que no se contó con los registros de consumo de forraje. Por ello se determinó nombrar a este carácter como conversión alimenticia parcial. El valor de la heredabilidad para dicho carácter en la línea Cárnica fue de  $0.46 \pm 0.03$ , siendo superior a las heredabilidades de ICA reportada en otras especies, como en cerdos ( $0.16 \pm 0.03$ ) (Nguyen y P.McPhee 2005) o en conejos ( $0.22 \pm 0.05$ ) (Drouilhet *et al.* 2013).

La heredabilidad para el peso de la camada en la línea Precoz ( $0.09 \pm 0.03$ ) y en la línea Lechera ( $0.10 \pm 0.03$ ) fueron similares, incluso similares al valor estimado para el peso de la camada a los 10 días ( $0.15 \pm 0.03$ ) en la línea Lechera. El tamaño de camada y el número



de nacidos vivos para las tres líneas genéticas (Precoz, Lechera y Prolífica) también presentan heredabilidades similares (Tabla 12, 14 y 15). El efecto aleatorio ambiental permanente de la madre que fue incluido en el análisis del carácter tamaño de camada en la línea Prolífica permitió estimar la repetibilidad de dicho carácter, el cual fue de 0.13.

**Tabla 14. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del peso de la camada, peso de la camada a los 10 días, tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Lechera**

Carácter	Peso de la camada	Peso de la camada a los 10 días	Tamaño de camada	Número de nacidos vivos
Peso de la Camada	0.10 (0.03)	0.98 (0.01)	0.63 (0.10)	0.74 (0.08)
Peso de la camada a los 10 días		0.15 (0.03)	0.68 (0.10)	0.81 (0.07)
Tamaño de Camada			0.20 (0.03)	0.95 (0.02)
Número de nacidos vivos				0.14 (0.03)

**Tabla 15. Heredabilidades (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) genéticas (sobre la diagonal) del tamaño de camada y número de nacidos vivos para la línea Prolífica**

Carácter	Tamaño de camada	Número de nacidos vivos
Tamaño de camada	0.11 (0.03)	0.89 (0.06)
Número de nacidos vivos		0.09 (0.03)

Por otro lado, la heredabilidad para el peso de la camada al nacimiento para las líneas Precoz ( $0.09 \pm 0.03$ ) y Lechera ( $0.10 \pm 0.03$ ) fueron bajas, coincidiendo con lo reportado por Rodríguez (2013) y Chávez *et al.* (1985). El valor estimado para el peso de la camada a los 10 días para la línea Lechera ( $0.15 \pm 0.03$ ), fue también bajo. Además, la heredabilidad para

el tamaño de camada y el número de nacidos vivos (0.09 a 0.20 para las líneas Precoz, Lechera y Prolífica), están dentro del rango esperado para los caracteres funcionales y concuerdan con lo reportado por Quijandria *et al.* (1983) ( $0.12 \pm 0.03$  y  $0.13 \pm 0.02$  para tamaño de camada y nacidos vivos, respectivamente). Los valores de heredabilidad para los caracteres reproductivos en diferentes especies prolíficas como conejo y cerdo, obtenidos por diferentes autores (Piles *et al.* 2006; David *et al.* 2017; Ahmad *et al.* 2019) están en el rango de 0.01 a 0.20 y son considerados como heredabilidades bajas (Falconer y Mackay 1996; Visscher *et al.* 2008).

También es importante estimar las correlaciones genéticas entre todos los caracteres productivos y reproductivos. En este estudio se estimaron las correlaciones genéticas entre el peso al nacimiento – peso al destete, el peso al nacimiento – peso a los 60 días, el peso al destete – peso a los 60 días, el peso de la camada – peso de la camada a los 10 días, el peso de la camada – tamaño de camada, el peso de la camada – número de nacidos vivos, el peso de la camada a los 10 días – tamaño de camada, el peso de la camada a los 10 días – número de nacidos vivos y el tamaño de camada – número de nacidos vivos, las cuales fueron más altas a los reportados por otros autores (Cruz *et al.* 2022; Quijandria *et al.* 1983; Solarte *et al.* 2002). La principal causa de las altas correlaciones estimadas en nuestro estudio serían producto del efecto pleiotrópico de algunos genes relacionados con estos caracteres (Falconer y Mackay 1996; Visscher *et al.* 2008).

El peso al nacimiento muestra una fuerte correlación con el peso al destete ( $0.82 \pm 0.04$ , para la línea Cárnica), y también con el peso a los 60 días ( $0.64 \pm 0.04$  y  $0.72 \pm 0.06$ , para la línea Precoz y Cárnica, respectivamente). Además, el peso al destete está altamente correlacionado con el peso a los 60 días ( $0.90 \pm 0.04$ , para la línea Cárnica). El mismo comportamiento es observado entre el peso de la camada al nacimiento con el tamaño de camada ( $0.70 \pm 0.12$  y  $0.63 \pm 0.10$ , para la línea Precoz y Lechera, respectivamente) y el número de nacidos vivos ( $0.77 \pm 0.09$  y  $0.74 \pm 0.08$ , para las líneas Precoz y Lechera, respectivamente). Además, las correlaciones estimadas entre el tamaño de camada y el número de nacidos vivos ( $0.92 \pm 0.06$ ,  $0.95 \pm 0.02$  y  $0.89 \pm 0.06$ , para las líneas Precoz, Lechera y Prolífica, respectivamente) fueron las que presentaron valores más altos. Las

correlaciones genéticas con valores mayores a 0.90 podrían indicar que estamos hablando del mismo carácter (Falconer y Mackay 1996).

La correlación genética entre el efecto genético directo y el efecto genético materno fue negativa para el peso al nacimiento en la línea Precoz ( $-0.24 \pm 0.10$ ) pero menor a la correlación reportada por Rodríguez (2013) ( $-0.55 \pm 0.14$ ). Este resultado muestra que el peso al nacimiento es afectado tanto por el efecto genético directo como por el materno, pero con efectos opuestos. Se podrían indicar que las hembras que nacen con mayor peso tienden a tener una descendencia con menor peso al nacimiento y viceversa. No obstante, nuestro resultado coincide con lo que se suele reportar entre los efectos genéticos directos y maternos (Gutiérrez 2010; Elzo y Vergara 2015). Por lo tanto, es importante tener en cuenta ambos efectos a la hora de implementar programas de mejora genética para evitar un incremento no deseado de alguno de ellos.

### **c. Estructura de la población de cuyes de IVITA – El Mantaro**

Parámetros demográficos como el número efectivo de fundadores, el número efectivo de ancestros, y el tamaño efectivo de la población aún no han sido reportados en cuyes. Siendo este estudio el primero en reportar estimaciones para dichos parámetros en poblaciones cerradas de cuyes que están bajo selección. Este estudio reporta el número de animales totales, el número de padres y de madres, además del número de generaciones equivalentes, el número efectivo de fundadores y el número efectivo de ancestros (Tabla 16). También, contiene los resultados del coeficiente de consanguinidad promedio y el tamaño efectivo de la población para generaciones equivalentes.

**Tabla 16. Número de animales, número efectivo de fundadores y de ancestros, coeficiente de consanguinidad y tamaño efectivo de la población en las cuatro líneas de cuyes de IVITA**

	Precoz	Cárnica	Lechera	Prolífica
Número de animales en total	9171	6229	5662	5651
Número de padres	607	614	318	310
Número de madres	2409	1515	1494	1524
Número de generaciones equivalentes	5.83	2.71	4.51	4.42
Número efectivo de fundadores ( $f_e$ )	74	343	58	58
Número efectivo de ancestros ( $f_a$ )	72	271	52	49
Coeficiente de consanguinidad: F (porcentaje)	4.30	0.81	4.36	4.22
Incremento de la consanguinidad: $\Delta F$ (porcentaje)	0.71	0.66	1.16	1.44
Tamaño efectivo de la población: $N_e$ (porcentaje)	70.16	75.42	42.93	34.74

El número efectivo de fundadores para las líneas Lechera (58), Prolífica (58) y Precoz (74) fueron inferiores a lo obtenido para la línea Cárnica (343). El número efectivo de ancestros sigue la misma tendencia. Esto se debe al manejo de los registros genealógicos de la línea Cárnica, en este caso solamente se registran a los cuyes machos nacidos de cada camada. La ausencia del registro de las hembras provoca una sobrestimación del  $f_e$  y  $f_a$ . Sin embargo, debido a que las cuatro líneas genéticas se manejan como poblaciones cerradas y bajo selección, se podría suponer que todas las líneas han perdido variabilidad genética, incluso la línea Cárnica.

La consanguinidad promedio estimada en ambas líneas maternas y en la línea Precoz fue de 4 por ciento. Estos resultados son inferiores a los reportados por Cruz *et al.* (2022), quienes obtuvieron valores de 7.46 por ciento en la línea Saño y 8.72 por ciento en la línea Mantaro. Sin embargo, para la línea Cárnica se estimó un valor de consanguinidad inferior a lo observado en las otras líneas genéticas (0.81 por ciento). Dicho valor es reflejo de la falta del registro de animales dentro de la genealogía, debido a que en la línea Cárnica sólo se han

registrado a los cuyes machos nacidos vivos y no a las hembras, como se mencionó anteriormente. Nuestros resultados reflejan que el manejo reproductivo en grupos dentro de cada población ha provocado un incremento de la consanguinidad, principalmente en las líneas genética maternas de cuyes de IVITA – El Mantaro.

En cuyes no se han reportado estimas de  $N_e$ , a pesar de que es un parámetro demográfico importante, debido a que nos ayuda a caracterizar genéticamente a una población, y es un parámetro importante en la conservación de pequeñas poblaciones de animales. El valor estimado para el tamaño efectivo de la población fue mayor de 70 animales en las líneas paternas. Además, se calculó valores inferiores a 50 animales para las líneas Lechera (42.93) y Prolífica (34.74). Según la FAO (1998), dichos valores indicarían que las líneas maternas han perdido variabilidad genética, y que las poblaciones maternas tendrían valores dentro del rango de una especie en riesgo de extinción (menores a 50 animales).

## **4.2 ESTUDIO 2: HETEROSIS INDIVIDUAL DE CARACTERES PRODUCTIVOS**

Los promedios estimados para el peso al nacimiento, el peso a los diez días, el peso al destete y el peso a los 60 días para cada uno de los tipos de cruces se muestran en las Tablas 17 y 18.

**Tabla 17. Promedios (con sus errores estándar) para caracteres productivos en cruces de las líneas paternas**

Tipo de cruce	Peso al nacimiento (g)	Peso a los 10 días (g)	Peso al destete (g)	Peso a los 60 días (g)
Precoz x Precoz	140 (4.2) <sup>ab</sup>	250 (7.7) <sup>a</sup>	314 (9.7) <sup>a</sup>	788 (18.8)
Cárnica x Cárnica	127 (4.3) <sup>b</sup>	211 (7.9) <sup>b</sup>	261 (9.9) <sup>b</sup>	745 (18.7)
Precoz x Cárnica	135 (4.1) <sup>ab</sup>	232 (7.5) <sup>ab</sup>	294(9.3) <sup>ab</sup>	744 (17.8)
Cárnica x Precoz	142 (3.9) <sup>a</sup>	235 (7.3) <sup>ab</sup>	295 (9.9) <sup>ab</sup>	737 (16.1)

\*promedios con superíndice diferente indica diferencia estadística (p – valor < 0.05)

Los pesos al nacimiento en siete de los ocho tipos de cruces están dentro del rango reportado para este carácter en otras líneas genéticas (113 – 146 g) (Higaonna *et al.* 2004, 2011; Chauca *et al.* 2004; INIA 2005; Rodríguez *et al.* 2013; y Yamada *et al.* 2018). Sin embargo, Cruz *et al.* (2022) reportaron valores superiores para las líneas Saño y Mantaro (149 – 154 g). No obstante, el valor estimado del peso al nacimiento para el cruce maternal Lechera x Prolífica (182 g) fue mayor a lo estimado para los demás cruces y a lo reportado por otros autores. Estos resultados sugieren que las líneas maternas puras tienen crías más pequeñas que el cruce Lechera x Prolífica.

El peso a los 10 días es un carácter escasamente reportado. Nuestros resultados muestran que la línea Precoz alcanzo valores mayores para este carácter que lo estimado para la línea Cárnica ( $p$  – valor  $< 0.05$ ), además, los cruces recíprocos (Precoz x Cárnica y Cárnica x Precoz) fueron similares estadísticamente entre sí. Por otro lado, los resultados obtenidos para este carácter en las líneas maternas puras y sus cruces fueron estadísticamente similares. Los promedios estimados para el peso al destete siguen la misma tendencia al del peso a los 10 días en cada grupo de cruces (paternos y maternos). Además, la estima del peso al destete para los grupos experimentales Precoz x Precoz, Lechera x Lechera y Prolífica x Lechera fueron mayores al rango reportado por otros autores (248 – 291 g) (Yamada *et al.* 2018, Cruz *et al.* 2022)

**Tabla 18. Promedios (con sus errores estándar) para caracteres productivos en cruces de las líneas maternas**

Tipo de cruce	Peso al nacimiento (g)	Peso a los 10 días (g)	Peso al destete (g)	Peso a los 60 días (g)
Lechera x Lechera	149 (4.1) <sup>b</sup>	249 (6.5)	314 (7.3)	783 (15.4)
Prolífica x Prolífica	150 (4.0) <sup>a</sup>	247 (6.0)	299 (7.2)	756 (19.0)
Lechera x Prolífica	182 (9.0) <sup>b</sup>	247 (13.2)	292 (15.8)	792 (59.8)
Prolífica x Lechera	155 (4.8) <sup>a</sup>	261 (7.2)	316 (8.7)	751 (25.8)

\*promedios con superíndice diferente indica diferencia estadística (p – valor < 0.05)



Los resultados obtenidos en este estudio para el peso a los 60 días de edad en los cruces paternos estuvieron entre 737 y 788 g, y para los cruces maternos entre 751 y 792 g. Estos resultados están dentro de los valores reportados por otros autores para el peso al sacrificio a los 56 días (entre 616 y 1041g) (Chauca 2007, 2022; Chauca *et al.* 2004). Ciertamente ambos caracteres son pesos al sacrificio, pero son medidos a diferentes edades, haciendo difícil el poder realizar una comparación directa entre ellos.

Por otro lado, los resultados de heterosis estimados para los cruces dentro de líneas paternas y dentro de líneas maternas se muestran en la Tabla 19. Este estudio muestra heterosis significativa sólo para el carácter peso al nacimiento en ambos cruces (paternos y maternos).

**Tabla 19. Heterosis para caracteres productivos en cruces de las líneas paternas y maternas de cuyes de IVITA – El Mantaro**

Carácter	Heterosis					
	Dentro de líneas paternas			Dentro de líneas maternas		
	g	porcentaje	Sig	g	porcentaje	Sig
Peso al nacimiento	5.4 (2.2)	3.7	*	18.8 (4.9)	12.7	*
Peso a los 10 días	3.1 (4.1)	1.3	ns	5.7 (7.2)	2.4	ns
Peso al destete	7.0 (5.1)	2.4	ns	-3.1 (8.7)	-0.8	ns
Peso a los 60 días	-26.0 (14.6)	-3.4	ns	1.6 (34.9)	0.3	ns

g: Gramos, porcentaje: basado en el promedio de las líneas puras, Sig: heterosis significativa: \* = significativo (p-valor < 0.05), ns = no significativo, (errores estándar entre paréntesis)

La estima de heterosis de caracteres productivos en cuyes de líneas o razas comerciales es escasamente reportada. Existen dos estudios de heterosis publicados, donde se utilizaron razas de cuyes productores de carne como la raza Perú, e Inti. En uno de ellos, se reportaron las estimas de heterosis para los cruces Perú x Andina y Perú x Inti. Este

estudio reportó bajos porcentajes de heterosis para el peso a los 85 días de edad (1.3 y 1.5 por ciento), la ganancia diaria de peso (-3.0 y 3.9 por ciento) y el índice de conversión alimenticia (7.4 y 7.8 por ciento) para los cruces Perú x Andina y Perú x Inti, respectivamente (Meza *et al.* 2018). Además, se ha reportado un estudio desarrollado en Colombia, donde se generó dos líneas sintéticas de cuyes (5/8P-3/8N y 5/8N-3/8P) a través de un esquema de cruzamiento entre cuyes de raza Perú (P) y una raza colombiana (N). En este estudio también se reportaron porcentajes bajos de heterosis para el peso al nacimiento (1.40 y -6.29 por ciento), el peso al destete (0.83 y -7.82 por ciento) y el peso a los 56 días (-10.97 y -16.14 por ciento) para las líneas genéticas 5/8P-3/8N y 5/8N-3/8P, respectivamente (Martínez *et al.* 2016).

Nuestro estudio muestra resultados significativos y positivos de heterosis ( $p$  – valor < 0.05) para el peso al nacimiento en ambos tipos de cruces (paternos y maternos). Sin embargo, los valores de heterosis estimados para los demás caracteres de crecimiento fueron bajos, como los reportados por otros autores (Martínez *et al.* 2016; Meza *et al.* 2018). También se han reportado estimas bajas, pero significativas, de heterosis en conejos y cerdos bajo un esquema de cruzamiento a dos vías (Cassady *et al.* 2002; Kofi y Opoku-Mensah 2019). Esto refuerza la hipótesis de que los caracteres con heredabilidades medias no son grandemente favorecidos por el cruzamiento entre animales de poblaciones no emparentadas, como sí lo son los caracteres reproductivos (Blasco 2021; Falconer y Mackay 1996).

Nuestros resultados también pueden ser explicados por la estrecha relación que existe entre las razas de cuyes. Se ha reportado valores muy pequeños de  $F_{st}$  (0.0013) entre las razas Perú y Andina (Avilés – Esquivel *et al.* 2018) que fueron usadas para establecer las líneas Precoz y Prolífica (Jiménez y Huamán 2010). Además, los valores de  $F_{st}$  entre las razas Perú y Andina con cuyes no mejorados peruanos fueron también muy pequeños (0.0182 y 0.0155, respectivamente) (Avilés – Esquivel *et al.* 2018). El valor de  $F_{st}$  mide la diferencia genética entre subpoblaciones. Estos valores sugieren que todas las razas o líneas genéticas de cuyes están estrechamente relacionadas, debido a su estrecha cercanía con cuyes peruanos no mejorados. Esta pequeña diferenciación genética podría

ser la principal razón de los bajos valores de heterosis estimados en este estudio (Blasco 2021; Falconer y Mackay 1996).

#### **4.3 ESTUDIO 3: PERCEPCIÓN Y ACEPTACIÓN DE LOS CUYES RG DE IVITA – EL MANTARO POR PARTE DE LOS PRODUCTORES**

El punto importante en el desarrollo y la mejora de paquetes tecnológicos que las instituciones ponen al servicio de los productores es determinar las razones por que los productores adoptan un paquete o innovación tecnológica en sus granjas y por qué algunos las dejan de lado. Para ello, se consideró importante, para este estudio, conocer como los productores desarrollan la crianza de cuyes, que productos ofrecen, si han adquirido cuyes de IVITA – El Mantaro, que percepción tienen de ello, y otros aspectos relacionados directamente a la adopción del paquete tecnológico propuesto por IVITA – El Mantaro, el cual consiste en la adquisición de cuyes RG y la adopción de ciertas recomendaciones en el manejo, reproducción y alimentación para dichos animales. La Tabla 20 muestra las características principales de las 6 granjas comerciales y 28 familiar – comerciales que formaron parte de este estudio.

**Tabla 20. Principales características de las granjas encuestadas**

Descripción	Comercial (n=6)	Familiar –comercial (n=28)
Años dedicados a la crianza (media $\pm$ ds*)	11.5 $\pm$ 5	10.5 $\pm$ 7
Nº de hembras reproductoras (media $\pm$ ds)	1318 $\pm$ 836	192 $\pm$ 122
Nº de machos reproductores (media $\pm$ ds)	112 $\pm$ 30	27.4 $\pm$ 24
Nº total de animales (reproductores + crías) (media $\pm$ ds)	3166 $\pm$ 2937	423 $\pm$ 270
Nº de hembras reproductoras/macho (media $\pm$ ds)	6.5 $\pm$ 1.2	6.0 $\pm$ 0.7
Tipo de alimentación		
Sólo forraje	-	5
Forraje + suplemento <sup>1</sup>	6	18
Forraje + concentrado <sup>2</sup>	-	5
Sistema de empadre		
Empadre controlado	6	28

<sup>1</sup>Suplemento: mezcla de cebada, trigo, maíz y torta de soya. <sup>2</sup>Concentrado: concentrado comercial. \*ds: desviación estándar, Nº: número

Estos resultados muestran dos importantes diferencias entre el sistema de crianza comercial y familiar – comercial, el número de animales totales por granja y el tipo de alimentación que los cuyes reciben. Los productores que forman parte del sistema de crianza comercial tienen un número grande de animales y todos ellos han implementado un adecuado tipo de alimentación (forraje + suplemento). Por otro lado, en un sistema de crianza familiar – comercial el número total de animales es menor y no todos los productores (23/28) incorporan el concentrado o suplemento en la alimentación de los cuyes.

Los productores mencionaron que la suplementación de la alimentación de los cuyes con concentrado o suplemento cubre aproximadamente el 30 por ciento de la dieta suministrada. Este estudio muestra que la mayoría de los productores proporcionan a sus animales una mejor dieta. Este tipo de alimentación fue recomendada por varios

autores (Reynaga 2018; Solorzano 2014). Sin embargo, estos resultados también indican que los productores están invirtiendo dinero para poder cubrir los costos que implica proporcionar una alimentación mixta a los cuyes, los cuales representan alrededor del 44 por ciento de los costos totales o el 60 por ciento de los costos fijos (Herrera 2016; Pascual *et al.* 2017). Esto es una limitación para algunos productores que no cuentan con los recursos económicos necesarios para ello, además podría explicar porque no todos los productores que están categorizados dentro del sistema de producción familiar – comercial proporcionan una dieta mixta a sus animales.

Es importante mencionar que todos los productores que fueron encuestados han implementado el sistema de empadre controlado. Bajo este sistema los productores dividen la población de hembras reproductoras en tres grupos y el empadre lo realizan de forma escalonada cada 30 días. Algunos autores como Velásquez *et al.* (2017) mencionan que este tipo de empadre tiene un impacto favorable sobre la viabilidad de las crías en etapa pre-destete, es así que disminuye la mortalidad en dicho periodo, ayuda a que las hembras recuperen el peso perdido durante la gestación, e incrementa el tamaño de camada y el peso de las crías por parto. Por otro lado, Chauca (1997), sugiere que el empadre continuo tiene ventajas sobre el empadre controlado, debido a que en este tipo de empadre se aprovecha el celo posparto y se mejora la productividad de la granja. Sin embargo, el sistema de empadre controlado permite programar mensual, quincenal o semanal la producción de carne de cuy, según como se planifiquen los empadres.

#### **a. Productos y precios de mercado**

Nuestro estudio reporta los diferentes productos, sus precios (para cuando se realizó el estudio – febrero 2020) y el peso de los animales a la venta, que son comercializados por los productores (Tabla 21 y Figura 3).

Los resultados muestran que el principal producto ofertado por los productores es el cuy vivo para beneficio. El 82 por ciento de los productores respondieron que venden

animales de 8 a 12 meses de edad para beneficio, con un peso promedio de 952 g a S/ 19.30 soles. Además, todos los productores venden cuyes adultos de descarte a S/ 23.30 soles con un peso promedio de 1839 g. En ambos casos el mercado principal son los restaurantes. Otros productos ofertados son animales reproductores de 15 días de edad, animales beneficiados con un peso promedio de 846 g, animales destetados de 15 días de edad y estiércol por sacos.

**Tabla 21. Tipo, peso y precio de productos ofertados por los productores del Valle del Mantaro**

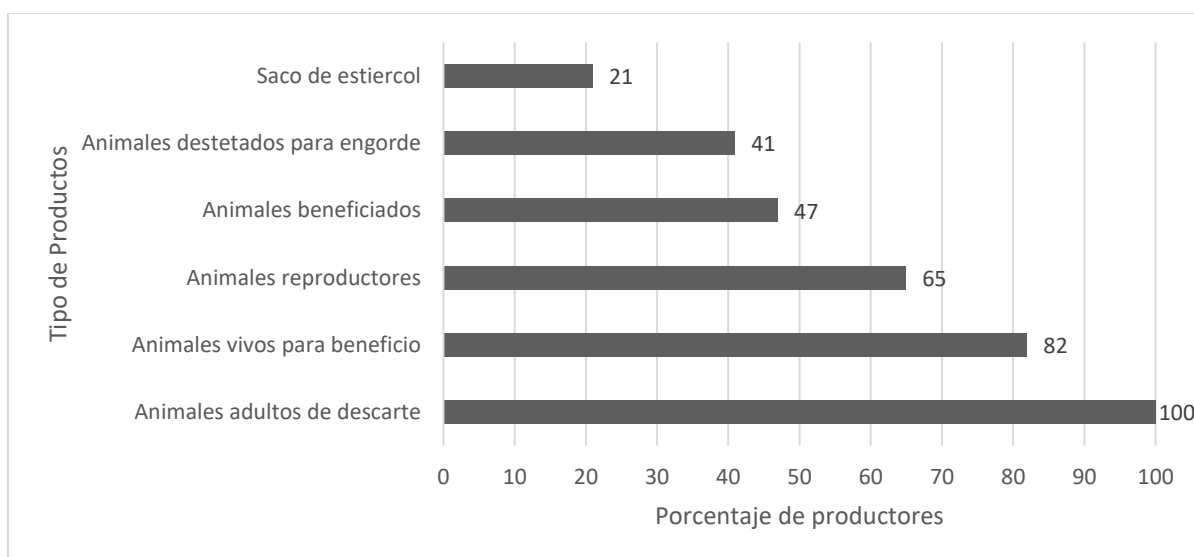
Tipo de producto	Peso del producto (g)	Precio* (S/) (media ± ds)
Animales adultos de descarte <sup>1</sup>	1839 ± 359	23.30 ± 4.51
Animales vivos para beneficio	952 ± 131	19.30 ± 1.67
Animales reproductores	-	30.00 ± 11.90
Animales beneficiados <sup>2</sup>	846 ± 185	21.40 ± 2.19
Animales destetados para engorde	-	15.00 ± 7.05
Saco de estiércol (25 kg)	-	8.10 ± 4.85

\*Precio por animal, <sup>1</sup>Animales reproductores de 3 o 4 partos. <sup>2</sup>Carcasa con cabeza, patas, hígado, pulmones y riñones

En el 2003, Ordóñez desarrolló un estudio de mercado en Lima y reportó que se venden cuyes de edades entre los 80 y 90 días y con un peso promedio de 800 g, y animales adultos de descarte con pesos entre 1000 a 2000 g. Ello concuerda con lo encontrado en este estudio, donde los productores mencionaron pesos de animales beneficiados y adultos de descarte similares. Sin embargo, algunos autores mencionan que el objetivo de la crianza de cuyes es tener animales de 8 semanas de edad (56 días) para el beneficio con un peso promedio de 1000 g (Chauca *et al.* 2004; Chauca *et al.* 2013). Ello se podría lograr si los cuyes fueran criados bajo un sistema intensivo de alimentación.

La carne de cuy es apreciada y frecuentemente consumida en eventos especiales como aniversarios, cumpleaños, bodas o ferias. Esto provoca que el precio de la carne de cuy

(S/ 21.40 soles por carcasa de 846 g) sea más alto que el de pollo o cerdo (9.23 y S/ 18.42 por kg, respectivamente) (INEI 2022). Sin embargo, el consumo per cápita de esta carne (alrededor de 1 kg para el 2015) está por debajo del consumo de pollo (50.30 kg) y cerdo (5.40 kg) (MINAGRI 2013, 2019, 2020). No obstante, el valor reportado del consumo per cápita de la carne de cuy podría estar subestimada debida a que no se consideran dentro de los registros oficiales el autoconsumo y la compra de animales en mercados informales.



**Figura 3. Productos ofertados por los productores**

#### **b. Percepción y aceptación del cuy RG de IVITA – El Mantaro**

- **Compra de cuyes de IVITA – El Mantaro (El cuy RG)**

El grado de aceptación y la percepción que tienen los productores de los cuyes de IVITA – El Mantaro se podría conocer si se identifican las razones porque los productores dejan de adquirir cuyes RG, la Tabla 22 muestra dichas razones.

**Tabla 22. Razones porque los productores no comprar cuyes RG de IVITA**

Razones	N° de productores	Porcentaje
Sufre de linfadenitis	10	35.70
Desarrolla su propia línea genética	6	21.40
Precios elevados	1	3.60
Compran de otro lugar	2	7.10
IVITA está muy lejos	2	7.10
Otras	7	25.00
Total	28	100.00

La mayoría de los productores encuestados (82 por ciento) manifestaron que no han vuelto a comprar animales de IVITA. Esta pérdida de interés se debe a que en su experiencia el cuy RG es muy sensible a la linfadenitis. Esta enfermedad es altamente contagiosa en cuyes, y es causada por bacterias como *Streptococcus pyogenes* y *Streptobacillus* y causa infección de los nódulos linfáticos, afectando directamente la calidad de la carne (Chauca 1997; Estupiñán *et al.* 2018). Según Jiménez (2016) y Jiménez y Huamán (2010), esta enfermedad no causa la muerte a los animales, pero encarece la producción de carne de cuy, debido a que los productores gastan dinero en el tratamiento de los animales o deciden eliminar de la granja a los animales enfermos. Por ello es importante proporcionar a los productores animales sanos, de otra manera, ellos buscarán otros lugares donde adquirir sus animales reproductores.

Nuestro estudio muestra también el interés personal de los productores en mejorar a sus animales. Los productores seleccionan a los animales de reemplazo de la cría de su propia granja. Ellos relacionan esta práctica con el desarrollo de su propia línea genética de cuyes. Esto hace a los productores menos dependientes de comprar constantemente animales reproductores y a la vez minimiza el riesgo de introducir enfermedades a la granja. Lo antes mencionado no parece estar alineado a la propuesta de IVITA, la cual es proporcionar constantemente de cuyes RG a los productores.



- **Recomendaciones para la crianza de cuyes RG**

El paquete tecnológico promovido por IVITA – El Mantaro consiste en adquirir animales reproductores (cuyes RG) machos y hembras, y adicionalmente seguir recomendaciones en cuatro áreas de la producción de cuyes: alimentación, tipo de empadre, equipamiento e instalaciones (Jiménez y Huamán 2010). Este estudio muestra el número de productores que siguen todas, alguna o ninguna de las recomendaciones establecidas por IVITA (Tabla 23).

**Tabla 23. Recomendaciones de IVITA – El Mantaro seguidas por los productores**

Recomendaciones según áreas planteadas por IVITA	N° de productores	Porcentaje
Ninguna	11	32.40
Solamente tipo de empadre	3	8.82
Solamente alimentación	1	2.94
Solamente equipamiento	1	2.94
Alimentación e instalaciones	1	2.94
Alimentación y tipo de empadre	1	2.94
Tipo de empadre e instalaciones	2	5.88
Tipo de empadre y equipamiento	3	8.82
Alimentación, tipo de empadre y equipamiento	1	2.94
Tipo de empadre, equipamiento e instalaciones	1	2.94
Las cuatro áreas recomendadas	9	26.50

El tipo de empadre recomendado por IVITA – El Mantaro es el empadre controlado donde sólo se empleen cuyes RG, y es el aspecto más importante dentro del paquete tecnológico propuesto por dicha institución. Este estudio muestra el número de productores que siguen dicho empadre y algunas variantes que los productores llevan a cabo en sus granjas (Tabla 24).

**Tabla 24. Empadres realizados por los productores en sus granjas**

Empadre	N° de productores	Porcentaje
Entre cuyes RG	4	11.80
♂ cuy RG con ♀ propias	18	52.90
♂ cuy RG con ♀ cuy RG y propias	7	20.60
♀ cuy RG con ♂ propios	5	14.70

El empadre controlado incrementa la tasa de fertilidad de las hembras reproductoras y la tasa de supervivencia de las crías (alrededor del 88 por ciento). También, propicia la recuperación de peso en las hembras posparto y permite tener crías más sanas y pesadas. Además, este tipo de empadre permite planificar todas las actividades dentro de una granja y tener una producción de carne de cuy escalonada (Jiménez y Huamán 2010; Velásquez *et al.* 2017).

Los productores explicaron que el IVITA recomienda una combinación de forraje y suplemento, el cual se elabora con granos molidos de cebada o trigo, maíz y torta de soya en proporciones 3 – 2 – 1 y esto cubre aproximadamente el 30 por ciento de la dieta de los cuyes, proporcionando proteína y energía que aseguran un rápido crecimiento de los animales (Jiménez y Huamán 2010). Sin embargo, sin un análisis proximal del suplemento no es posible conocer si este cumple con los niveles de proteína (15 a 18 por ciento) y energía (2.8 a 3.0 MCal) recomendada para la especie (Carbajal 2015). Este tipo de alimentación ayuda a recuperar peso a las hembras posparto e incrementa la ganancia de peso en animales de engorde. Además ayuda a cubrir la carencia de forraje en periodos de sequia, así el suplemento mejora la eficiencia productiva de la granja (Jiménez y Huamán 2010; Velásquez *et al.* 2017).

El IVITA, recomienda que las instalaciones deben estar diseñadas de tal forma que permitan un manejo adecuado y fácil de los cuyes. Las granjas deben de tener suficiente espacio que permita tener una buena ventilación y suficiente iluminación natural. Además, recomienda que el equipamiento usado debe reducir el tiempo de trabajo de

los productores y proveer a los cuyes de condiciones apropiadas para su crianza (Jiménez y Huamán 2010).

Algunos productores han seguido las recomendaciones de IVITA sobre equipamiento y han implementado bebederos tipo niple para suministrar agua a sus animales. Este equipo ayuda a reducir el desperdicio de agua y hace más sencillo realizar la limpieza de las pozas. En relación con las instalaciones, algunos productores han reemplazado el piso de tierra por uno de concreto dentro y fuera de las pozas e incrementaron el área de iluminación y ventilación de sus granjas. Estas recomendaciones concuerdan con las realizadas por Chauca (1997), quien menciona que las instalaciones de una granja deben de ser fáciles de limpiar, deben de tener suficientes áreas de iluminación natural y buena ventilación que satisfaga los requerimientos de la especie. Además, Mosqueira (2019) sugiere que el equipamiento completo de una granja debe de permitir el control y manejo del microclima dentro de las instalaciones, esto a través del control automático de la temperatura, humedad y ventilación.

Existen pocos estudios sobre la implementación de equipos de control automático de temperatura y humedad o sobre sistemas de crianza de cuyes en jaulas en lugar de pozas aplicados. Arias y Araujo (2013) y Huamaní (2017) llegaron a la conclusión de que la implementación de esa tecnología reducía las horas hombre de trabajo dentro de la granja. Sin embargo, los productores manifestaron que todo ello significa invertir dinero, trabajo y tiempo, y por tanto dudan en implementarlo y emplearlo. Ello concuerda con lo que describen varios autores sobre las limitación para adoptar nuevas tecnologías (Escobal 2017; Lambrecht *et al.* 2014; Meijer *et al.* 2015). Por otro lado, algunos productores indicaron que realizaron la implementación de las recomendaciones antes mencionadas, pero vieron que no necesitaban implementarlas. Sin embargo, es importante considerar que invertir en mejorar las instalaciones y adquirir nuevos equipos pueden beneficiar a largo plazo y mejorar los indicadores productivos de la granja.

Algunos productores implementaron parcialmente las recomendaciones de IVITA sobre el apareamiento de los cuyes RG, debido a que en la mayoría de los casos sólo podían adquirir regularmente cuyes machos RG. Esto se debe a que los productores consideran que la mejora genética siempre se lleva a cabo usando animales macho mejorados y no toman en cuenta mejorar usando hembras genéticamente superiores. Una alternativa para tener mejores resultados en la producción de carne de cuy es adquirir siempre cuyes machos RG y eventualmente cuyes hembras RG, y realizar empadres entre cuyes RG y entre cuyes machos RG con hembras de su propia granja. En ambos casos se espera un efecto positivo de heterosis, pero quizá en menor magnitud cuando empadren cuyes machos RG con hembras de su propia granja.

Para los productores con limitados recursos económicos, lo antes mencionado podría ser una estrategia viable, esto también fue sugerido por Blasco y Gou (1992) a productores de cerdos. Esta estrategia podría mejorar los caracteres productivos y reproductivos, como la ganancia de peso y el tamaño de camada, además de producir animales mejor adaptados a diferentes ambientes (Blasco y Gou 1992). Traduciéndose en más producción de carne en menor tiempo y por lo tanto se generará mayores ingresos.

- **Aceptación de los cuyes RG por parte de los productores**

La mayoría de los productores clasificaron al cuy RG (79.40 por ciento) y a sus crías (82.40 por ciento) como buenos animales reproductores y buenos cuyes productores de carne, respectivamente. Destacaron como rasgos positivos el gran tamaño de la camada al nacimiento y las buenas aptitudes maternas de las hembras RG, y la robustez y el peso de los machos RG. Además, los productores describieron a las crías del cuy RG como animales de rápido crecimiento. Todo ello coincide parcialmente con lo reportado por Jiménez y Huamán (2010), debido a que dichos autores también destacan rasgos como el bajo índice de conversión alimenticia y la alta tasa de supervivencia del cuy RG, sin embargo, los productores no lo observaron. Por otro lado, siete productores de los 34 encuestados clasificaron a los cuyes RG como animales iguales a los de su propia granja

o inclusive animales de menor desempeño. Además, seis productores tuvieron esa misma opinión, pero de las crías de los cuyes RG.

Por otro lado, 58.80 por ciento de los productores manifestaron que han recomendado los cuyes RG como cuyes reproductores de buenas características, 23,50 por ciento probablemente los recomendaría. Además, el 17.70 por ciento de ellos no los recomendaría porque, en base a su experiencia, los cuyes de IVITA son sensibles a enfermarse, especialmente de linfadenitis. Sin embargo, estos resultados deben tomarse con cuidado debido a que los productores no toman registros detallados del desempeño de los animales, siendo lo antes mencionado sólo una percepción de los productores ya que no pueden sostenerla con ningún tipo de evidencia, como los registros productivos dentro de la granja.

Este estudio reporta también los caracteres de los cuyes RG que los productores desearían que se mejoren, siendo la resistencia a enfermedades y la forma del cuerpo de los animales los principales caracteres que se deben mejorar, según los productores (Tabla 25).

**Tabla 25. Caracteres de los cuyes RG que los productores desearían que se mejoren**

Caracteres por mejorar	N° de productores	Porcentaje
Resistencia a enfermedades	16	47.10
Forma del cuerpo	9	26.50
Tamaño de cuerpo	1	2.94
Forma de cuerpo y resistencia a enfermedades	2	5.88
Forma y tamaño de cuerpo	1	2.94
Resistencia a enfermedades y tamaño de cuerpo	2	5.88
Los tres caracteres	1	2.94
Ningún carácter	2	5.88

Según los productores encuestados, los cuyes RG son muy sensibles a la linfadenitis. Esto ha sido reportado ya por Morales y Barrios (2017), quienes mencionan que los cuyes y los ratones son susceptibles a los *Streptococcus pyogenes* y *Streptobacillus*, los cuales causan linfadenitis. En este contexto se podría considerar que existe una relación fenotípica antagónica entre caracteres de salud o reproductivos y caracteres productivos (Emanuelson 1988). Por lo tanto, podría ser que una fuerte selección por caracteres productivos, como el que realiza el IVITA – El Mantaro en sus cuyes, generaría animales susceptibles de enfermarse. Esto debe tomarse en consideración mientras se lleva a cabo el desarrollo de una línea genética o raza. Como consecuencia de ello, los productores prefieren buscar otros lugares donde adquirir animales de reemplazo o seleccionar de su propia cría. Sin embargo, no existen muchos centros o institutos de investigación o universidades donde oferten animales reproductores que han sido evaluados fenotípicamente y genéticamente.

Seleccionar animales de reemplazo de una misma granja para reponer la saca de animales de descarte podría provocar un incremento de los niveles de consanguinidad de la población y con ello la aparición de problemas relacionados a esa condición (Blasco 2021; Muscari *et al.* 2008). En consecuencia, el IVITA debería tomar en cuenta las demandas de los productores e incluir dentro de su programa de mejora genética a la resistencia a enfermedades (principalmente la linfadenitis) como un objetivo de selección. Ello podría garantizar que los animales que se oferten a los productores estén sanos.

De acuerdo con Chauca (1997), un cuy debe tener un cuerpo largo y ancho, con pelaje corto y pegado al cuerpo, y con un temperamento dócil. La idea de un cuy con esos caracteres lineales está muy arraigada en los productores, debido a que dichos caracteres han sido relacionados por mucho tiempo a animales productores de carne. INIA ha generado diferentes razas (Perú, Inti y Kuri) que reflejan dichos caracteres (INIA 2004, 2005, 2021).

## V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones del presente estudio se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Los estimados de heredabilidad para los caracteres productivos fueron moderados y similares en las líneas paternas. Las correlaciones genéticas entre caracteres productivos variaron de moderadas a altas en ambas líneas.
- Los estimados de heredabilidad para los caracteres reproductivos fueron bajos en las líneas maternas y la línea Precoz. Sin embargo, las correlaciones genéticas fueron altas en las tres líneas.
- El estimado para el coeficiente de consanguinidad en la línea Cárnica fue bajo versus lo obtenido en las líneas maternas y la línea Precoz. Sin embargo, los estimados para el tamaño efectivo de la población en las líneas paternas fueron mayores a los obtenidos en las líneas maternas.
- Los estimados de heterosis para el carácter peso al nacimiento en los cruces paternos y maternos tuvieron significancia estadística.
- La propuesta de IVITA, de producir cuyes G a partir de cuyes machos y hembras RG, no ha sido ampliamente aceptada por los productores; sin embargo, han empleado, en gran medida, el cuy macho RG.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Estimar anualmente las heredabilidades y correlaciones genéticas para conocer el estatus de cada línea de cuyes.
- Estandarizar la forma de definir al carácter conversión alimenticia en base a los reportes realizados en cuyes.
- Diseñar esquemas de cruzamiento a tres vías, donde se empleen hembras F1 (Lechera x Prolífica) y machos finalizadores puros, ya sea de la línea Precoz o Cárnica, y evaluarlos junto al esquema de cruzamiento que el IVITA – El Mantaro maneja actualmente.
- El IVITA debe fortalecer su relación con los productores de cuyes del Valle del Mantaro a través de actividades de capacitación y entrenamiento sobre la crianza de cuyes.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahmad, SF; Gaur, GK; Sahoo, NR; Bharti, PK; Naha, BC. 2019. Genetic parameters of pre-weaning weights in crossbred piglets using multi-trait animal model. *Tropical Animal Health and Production*, 52(1), 109–114.

Arias, E; Araujo, M. 2013. Control automatizado de temperatura y humedad con plataforma labview ara prevenir enfermedades respiratorias en la crianza de cuyes en el distrito de vilcas. Tesis de grado. Huancavelica, Perú, Universidad Nacional de Huancavelica.

Avilés-Esquivel, DF; Martínez, AM; Landi, V; Álvarez, LA; Stemmer, A; Gómez-Urviola N. 2018. Genetic Characterization of South America Domestic Guinea Pig Using Molecular Markers. *Trop Subtrop Agroecosystems*. 21:1–10.

Boichard, D; Maignel, L; Verrier, E. 1997. The value of using probabilities of gene origin to measure genetic variability in a population. *Genet. Sel. Evol.* 29, 5–23.

Blasco, A; Gou, P. 1992. Cruzamientos en porcinos. *Porci*, 54 - 65.

Blasco, A. 2021. *Mejora Genética Animal*. Ed. Sintesis, Madrid, España, 32.

Burgos-Paz, W; Cerón-Muñoz, M; Solarte, C. 2011. Genetic diversity and population structure of the Guinea pig (*Cavia porcellus*, Rodentia, Caviidae) in Colombia. *Genetics and Molecular Biology*, 34(4), 711–718.

Carbajal, CS. 2015. Evaluación preliminar de tres alimentos balanceados para cuyes (*Cavia porcellus*) en acabado en el Valle del Mantaro (Monografía). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.

Cassady, JP; Young, LD; Leymaster, KA. 2002. Heterosis and recombination effects on pig growth. *J Anim Sci.*, 80(9), 2286–2302.

Cuellar, J; Medina, T. 2009. Agrodiversidad, género y cambio climático en la cuenca del río Mantaro. *En Tecnología y Sociedad*. 83 - 99.

Chauca, L. 2013. Crianza del cuy *Cavia porcellus* y su impacto en el desarrollo rural. XXXVIII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. 4 - 6 de diciembre 2013, Lima, Perú.

Chauca, L. 2022. Desarrollo del mejoramiento genético en cuyes en el Perú: Formación de nuevas razas. *Anales científicos*. 83(2), 109-125.

Chauca, L; Muscari, J; Higaonna, R. 2005. Generación de Líneas Mejoradas de Cuyes del Alta Productividad. Informe Final Subproyecto INIA - INCAGRO.

Chauca, L. 1997. Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Chauca, L. 2007. Logros obtenidos en la mejora genética del cuy (*Cavia porcellus*) experiencias del INIA. *Archivos Latinoamericano de Producción Animal (ALPA)*, 15(1), 218–222.

Chauca, L; Huaman, M; Reynaga, M; Muscari, J; Higaonna, R. 2013. Comportamiento reproductivo de cuyes de la Línea Sintética (INIA P5/8 IxA 3/8). XXXVIII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. 4 - 6 de diciembre 2013, Lima, Perú.

Chauca, L; Muscari, J; Vega, L; Higaonna, R. 2004. Formación de una Línea Sintética de Cuyes. XXVII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. 20 - 24 de septiembre 2004, Piura, Perú.

Chávez, J; Arévalo J y Muscari J. 1985. Parámetros Genéticos, Fenotípicos y Ambientales de los Pesos de Camada al Nacimiento y al Destete en Cuyes (*Cavia porcellus*). En: *Anales Científicos*. Universidad Nacional Agraria la Molina XXV: 81-90. Lima, Perú.

Chirinos, O; Muro, K; Concha, WÁ; Otiniano, J; Quezada, JC; Ríos, V. 2008. Crianza y comercialización de cuy para el mercado limeño. Ed. Cordillera S.A.C. Lima, Perú. 29 - 50.

Cruz, DJ; Huayta, JP; Corredor, FA; Pascual, M. 2022. Parámetros genéticos de rasgos productivos de cuyes (*Cavia porcellus*) de las líneas Saños y Mantaro. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 33(3), 1–12.

Cruz, DJ; Huayta, JP; Corredor, FA; Pascual, M. 2021. Productive and reproductive parameters of Guinea pig (*Cavia porcellus*) of the Saños and Mantaro lines. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 32(3), 1–12.

- David, I; Garreau, H; Balmisse, E; Billon, Y; Canario, L. 2017. Multiple-trait structured antedependence model to study the relationship between litter size and birth weight in pigs and rabbits. *Genetics Selection Evolution*, 49(1), 1–10.
- Duchev, Z; Distl, O; Groeneveld, E. 2006. Early warning system for loss of diversity in European livestock breeds. *Archives of Animal Breeding*, 49, 521–531.
- Drouilhet, L; Gilbert, H; Balmisse, E; Ruesche, J; Tircazes, A; Larzul, C; Garreau, H. 2013. Genetic parameters for two selection criteria for feed efficiency in rabbits. *Journal of Animal Science*, 91(7), 3121–3128.
- Elzo, M; Vergara, O. 2015. Modelación aplicada a las ciencias animales: II Evaluaciones genéticas. 1era Ed. Fondo Editorial Biogénesis, Medellín, Colombia
- Emanuelson, U. 1988. Recording of production diseases in cattle and possibilities for genetic improvements: a review. *Livestock Production Science*, 20, 102.
- Escobal, J. 2017. Análisis espacial de la adopción de tecnologías agrarias en el Perú. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Estupiñán, P; Burgos, A; Chacha, S; Baquero, M; Gómez, C; Sánchez, X; Soque, A. 2018. Linfadenitis en un plantel productor de cuyes. *Ecuador es Calidad: Revista Científica Ecuatoriana*, 5(1), 1–3.
- FAO. 1998. Secondary Guidelines for the National Farm Animal Genetic Resources Management Plans – Management of small populations at risk. FAO, Rome, Italy.
- Falconer DS. 1981. *Introduction to Quantitative Genetics*. Second Edition. Longman, UK.
- Falconer, DS; Mackay, TFC. 1996. *Introducción a la genética cuantitativa*. 4ta ed. (Longmans Green, Harlow, UK).
- Fernández, R. 2007. Características y condiciones del aprendizaje de los adultos de Institutos y Liceos C.E.S. Montevideo.
- FAO. 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. Roma
- FAO. 2016. Farmer field school guidance document. Roma.
- González, J. 2011. Manual de transferencia de tecnología y conocimiento.

- Getahun, D; Alemneh, T; Akeberegn, D; Getabalew, M; Zewdie, D. 2019. Importance of hybrid vigor or heterosis for animal breeding. *Biochem and Biotechnol Res.* 7(1), 1–4.
- Groeneveld, E; Kovac, M; Mielenz, N. 2010. VCE User's Guide and Reference Manual Version 6.0. Institute of Farm Animal Genetic (Neustadt, Germany).
- Gutiérrez, GA. 2013. Valores estimados de los parámetros genéticos en poblaciones de alpacas. En *Producción y Tecnología en Camélidos Sudamericanos – Proyecto FOCAM: “Establecimiento de un Protocolo de Vitrificación de Ovocitos Maduros de Alpaca (Vicugna pacos)”*. 241–249.
- Gutiérrez, J. 2010. *Iniciación a la valoración genética animal, Metodología adaptada al EEES*. 1 era Ed. Madrid, España.
- Gutiérrez, J; Goyache, F; Cervantes, I. 2010. Endog v4.8 – A computer program for monitoring genetic variability of populations using pedigree information. User's Guide. Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España.
- Herrera, C. 2016. Los costos de producción en la crianza de cuyes y su implicancia en la comercialización de la asociación Los Andinos de la Comunidad de Ilave en el Distrito de Pitumarca - Canchis - Cusco periodo 2015. Tesis de grado. Cusco, Cusco, Universidad Andina del Cusco.
- Higaonna, R; Muscari, J; Chauca, L. 2004. Evaluación del cruzamiento del cuy de la raza Perú con Merino. XXVII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. 20 - 24 de setiembre 2004, Piura, Perú.
- Higaonna, R; Muscari, J; Chauca, L; Pinto, G. 2006. Caracterización de la carcasa de seis genotipos de cuyes. XXIX Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. 4 - 7 de diciembre 2006, Huancayo, Perú.
- Higaonna, R; Muscari, G; Chauca, L. 2011. Evolución de los parametros productivos del cuy Merino por efecto de selección masal en 16 generaciones consecutivas. XXXVI Reunión de la Asociación Peruana de Poducción Animal. 29 de noviembre - 3 de diciembre 2011. Trujillo, Perú.
- Huamaní, EN. 2017. Engorde de cuyes en pozas y jaulas con piso emparrillado de plástico (Monografía). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Huamaní, NE. 2014. Efecto de dos métodos de aturdimiento pre morten en el sacrificio de

cuyes sobre las características tecnológicas de la carne. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

INEI. 2012. IV Censo Nacional Agropecuario 2012. <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>

INEI. 2017. Encuesta Nacional Agropecuaria 2017 Principales Resultados Pequeñas, Medianas y Grandes Unidades Agropecuarias. [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1593/](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/)

INEI. 2022. Indicadores de precios de la economía. Boletín mensual.

INIA. 2004. Raza Perú. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/635>

INIA. 2005. Raza Andina. <http://repositorio.inia.gob.pe/handle/inia/640>

INIA. 2021. KURI es la nueva raza compuesta de cuy con alta calidad genética que tiene el Perú. <https://www.gob.pe/institucion/inia/noticias/571437-kuri-es-la-nueva-raza-compuesta-de-cuy-con-alta-calidad-genetica-que-tiene-el-peru>

Jiménez, M. 2016. Evaluación de la aplicación de dióxido de cloro al 28% para el control de linfadenitis, en cobayos, de la “Cuyera Nacional Cuy Cuna Cía. Ltda.”, Cantón Latacunga. Tesis de grado. Latacunga, Ecuador, Universidad Técnica de Cotopaxi.

Jiménez, R; Huamán, A. 2010. Manual para el manejo de reproductores híbridos especializados en producción de carne. 1era Ed. (UNMSM, Lima, Perú).

Jinks, JL; Morley, R. 1957. Estimation of the components of heterosis. *Genetics*, 43(2), 223–234.

Kofi, J; Opoku-Mensah, L. 2019. Evaluation of heterosis and combining ability for growth and reproductive traits in rabbit crosses kept under hot and humid environment in Ghana. *Livestock Research for Rural Development* 31(9).

Lacy, RC. 1989. Analysis of founder representation in pedigrees: founder equivalents and founder genome equivalents. *Zoo Biol.* 8, 111–123.

Lambrecht, I; Vanlauwe, B; Merckx, R; Maertens, M. 2014. Understanding the process of agricultural technology adoption: Mineral fertilizer in Eastern DR Congo. *World Development*, 59, 132–146.

Maignel, L; Boichard, D; Verrier, E. 1996. Genetic variability of French dairy breeds

estimated from pedigree information. *Interbull* 14: 49-54.

Martínez, D; Escobar-Zambrano, P; Solarte-Portilla, C; Burgos-Paz, W. 2016. Evaluation of productive and reproductive performance of a synthetic guinea pig (*Cavia porcellus*) breed in Colombia. *Livest Res Rural Dev*. <http://www.lrrd.org/lrrd28/5/davi28094.html>

Meijer, SS; Catacutan, D; Ajayi, OC; Sileshi, GW; Nieuwenhuis, M. 2015. The role of knowledge, attitudes and perceptions in the uptake of agricultural and agroforestry innovations among smallholder farmers in sub-Saharan Africa. *International Journal of Agricultural Sustainability*, 13(1), 40–54.

Mercadante, MEZ; Lôbo, RB; Reyes, A. 1995. Parámetros genéticos para características de crecimiento en cebuínos de carne: una revisión. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 3:45-69.

Meza, E; Rojas, Y; Raymondi, J; Olaguivel, C. 2018. Estimation of individual heterosis in Guinea pigs (*Cavia porcellus*) F1 crosses of Peru, inti and Andina genotypes. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(2), 495–506.

Meuwissen, THE. (2009): Towards consensus on how to measure neutral genetic diversity? *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 126, 333–334.

MINAGRI. 2013. MINAGRI promueve consumo de cuy para elevar los ingresos de las familias rurales de zonas altoandinas. <https://www.midagri.gob.pe/portal/notas-de-prensa/notas-de-prensa2013/9721-minagri-promueve-consumo-de-cuy-para-elevar-los-ingresos-delas-familias-rurales-de-zonas-altoandinas>

MINAGRI. 2019. Potencial del mercado internacional para la carne de cuy 2019. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/419810/potencial-mercado-intern-carne-cuy.pdf>

MINAGRI. 2020. En el 2020 se elevarán las ventas y consumo de cuy. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/76440-en-el-2020-se-elevaran-las-ventas-y-consumo-de-cuy>

Morales, S; Barrios, M. 2017. Composición y características de la orina en cuyes ( *Cavia porcellus* ) con linfadenitis cervical - Composition and characteristics of urine in guinea pigs with cervical lymphadenitis. *Redvet* 18 (9), 1 - 10.

Mosqueira, A. 2019. Evaluación de tres tipos de comederos en crecimiento y engorde de cuyes (*Cavia Porcellus*) en pozas y jaulas. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional

Agraria La Molina.

Mueller, JP; Rischkowsky, B; Haile, A; Philipsson, J; Mwai, O; Besbes, B; Valle, A; Tibbo, M; Mirkena, T; Duguma, G; Sölkner, J; Wurzinger, M. 2015. Community-based livestock breeding programmes: Essentials and examples. *Journal of Animal Breeding and Genetics*, 132(2), 155–168.

Muscari, J; Chauca, L; Higaonna, R; Astete, M. 2008. La endogamia y su efecto en la población cerrada de cuyes. XXXI Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal. 15 - 21 de octubre 2008, Lima, Perú.

Nafes. 2005. Consolidating extension in the Lao PDR, National Agricultural and Forestry Extension Service, Vientiane.

Nguyen, N; P.McPhee, C. 2005. Genetic parameters and responses of performance and body composition traits in pigs selected for high and low growth rate on a fixed ration over a set time. *Genetics Selection Evolution*, 37, 199–213.

Ordóñez, R. 2003. Plan de introducción de la carne de cuy en Lima Metropolitana: Estudio de mercado y propuesta empresarial. Tesis Maestría. Lima, Perú, Pontificia Universidad Católica del Perú.

Pascual, M; Cruz, DJ; Blasco, A. 2017. Modeling production functions and economic weights in intensive meat production of guinea pigs. *Tropical Animal Health and Production*, 49(7), 1361–1367.

Piles, M; García, ML; Rafel, O; Ramon, J; Baselga, M. 2006. Genetics of litter size in three maternal lines of rabbits: Repeatability versus multiple-trait models. *Journal of Animal Science*, 84(9), 2309–2315.

Portocarrero, J; Hidalgo, V. 2015. Evaluación de una premezcla orgánica comercial en dietas de crecimiento engorde para cuyes (*Cavia porcellus*) sobre parámetros productivos. *Anales Científicos*, 76(2), 219–224.

Quijandria, B; Chauca, L; Robison, OW. 1983. Selection in guinea pigs: I. Estimation of phenotypic and genetic parameters for litter size and body weight. *Journal of Animal Science*, 56(4), 814–819.

Rastogi, RK; Lukefahr, SR; Lauckner, FB. 2000. Maternal heritability and repeatability for litter traits in rabbits in a humid tropical environment. *Livestock Production Science*, 67(1),

123 – 128.

Remigio, I; Huaman, H; Chauca, L. 2013. Crecimiento de cuyes Inti y Sintetica - Investigación Participativa. XXXVIII Reunión de la Asociación Peruana de Producción Animal. 4 - 6 de diciembre 2013, Lima, Perú.

Reynaga, MF. 2018. Sistemas de alimentación mixta e integral en la etapa de crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus*) de las razas Perú, Andina e Inti. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rivas, C; Rico, E. 2014. Distinción de Rasgos Genéticos en Líneas de Cuyes. Revista Científica de Investigación INFO-INIAF, 1(3), 38–46.

Rivas, C; Rico, E. 2015. Conformación de la raza Nativa Boliviana de cuyes. Revista Científica de Investigación INFO-INIAF, 1(5), 84–94.

Rodríguez, H. 2013. Evaluación fenotípica y estimación de parámetros genéticos en características individuales y maternas en cuyes de la granja de Cieneguilla - UNALM. Tesis Ph.D. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rodríguez, H; Gutiérrez, G; Palomino, M; Hidalgo, V. 2015. Características maternas al nacimiento y destete en cuyes de la costa central del Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru, 26(1), 77–85.

Rodríguez, H; Palomino, M; Hidalgo, V; Gutiérrez, G. 2013. Efectos de factores fijos y al azar sobre el peso al nacimiento y al destete en cuyes de la costa central del Perú. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 24(1), 16–24.

Rubio, PG. 2018. Estimación de parámetros fenotípicos y genéticos para medidas de carcasa en cuyes (*Cavia porcellus*) del genotipo Cieneguilla. Tesis Ph.D. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Rubio, P; Chávez, J; Febres, G; Deza, H. 2018. Predicción de peso de carcasa a la edad de beneficio en cuyes del genotipo Cieneguilla con base a una síntesis de medidas corporales. Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú, 29(2), 507.

SAS Institute INC., SAS 9.2, 2004. <https://support.sas.com/documentation/92/>

Sarria, J. 2011. El cuy crianza tecnificada. La Molina (eds.).

Saucedo, J; Quispe, H; Mantilla, J. 2018. Selección por mérito genético en *Cavia porcellus*



para reproducción en función al índice de selección. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 29(4), 1303–1309.

SENAMHI. 2020. Información del tiempo y clima Pronóstico Turístico para Huancayo, accedido el 12 de enero del 2021, <https://web2.senamhi.gob.pe/?p=pronostico-detalle-turistico&localidad=0028>

Solarte, C; Imuez, AM; Pérez, T. 2002. Modelo animal multicarácter para la estimación de parámetros genéticos del *Cavia porcellus* en Colombia. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 36(1), 19–24.

Solorzano, JD. 2014. Evaluación de tres sistemas de alimentación comercial de cuyes (*Cavia porcellus*) en la etapa de reproducción. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Škorput, D; Špehar, M; Luković, Z. 2022. Managing genetic diversity in pig populations : implications of optimal contribution selection in the Black Slavonian pig. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 1259–1267. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2104661>

Valladares, RJ. (2019). Caracterización molecular de dos poblaciones de cuyes nativos (*Cavia porcellus*) de Cuzco y Puno utilizando marcadores STR. Tesis de grado. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Vargas, A. 2015. Estimación de parámetros genéticos en cuyes utilizando ASReml-R. *Anales Científicos*, 76(2), 393–395.

Vargas, A; Gutiérrez, G; Mamani, G. 2015. Una aplicación del muestreo de Gibbs en la estimación de parámetros genéticos en cuye utilizando MCMCgllmm. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 26(2), 182–188.

Velásquez, S; Jiménez, R; Huamán, A; San Martín, F; Carcelén, F. 2017. Efecto de tres tipos de empadre y dos tipos de alimentación sobre los índices reproductivos en cuyes criados en la sierra Peruana. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 28(2), 359–369.

Visscher, PM; Hill, WG; Wray, NR. 2008. Heritability in the genomics era - Concepts and misconceptions. *Nature Reviews Genetics*, 9(4), 255–266.

Wakchaure, R; Ganguly, S; Kumar, P; Sharma, S; Kumar, A; Mahajan, T; Qadri, K. 2015. Importance of Heterosis in Animals : A Review. *IJAETIS*, 1(1), 1–5.

Wurzinger, M; Gutiérrez, G. 2017. Analysis of a multi-stakeholder process during the start-up phase of two community-based llama breeding programs in Peru. *Livestock Research for Rural Development*, 29(10).

Wurzinger, M; Sölkner, J; Iñiguez, L. 2011. Important aspects and limitations in considering community-based breeding programs for low-input smallholder livestock systems. *Small Ruminant Research*, 98(1–3), 170–175.

Wright, S. 1931. Evolution in mendelian population. *Genetics*. 16: 97 - 159.

Yamada, G; Bazán, V; Fuentes, N. 2018. Parámetros productivos de cuyes G en la costa central del Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Perú*, 29(3), 877–881.

## VIII. ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta aplicada a productores de cuyes del Valle El Mantaro

<b>Fecha:</b>
<b>Encuesta a productores de cuyes del Valle El Mantaro</b>
1. Datos personales y/o de la empresa
1.1. Nombre completo del propietario:.....
1.2. Nombre de empresa/granja:.....
1.3. Lugar/sitio (pueblo):.....
2. Datos generales
2.1. ¿Cuántos años se dedica a la crianza de cuyes?
2.2. ¿Cuántos cuyes en total tiene actualmente en granja?
Reprod.Macho:..... Reprod.Hembra:..... Recría:..... Engorde:.....
2.3. ¿Qué tipo de alimentación reciben sus cuyes?
a) Solo forraje
b) Solo concentrado
c) Forraje + concentrado
d) Forraje + suplemento
Concentrado: alimento balanceado                    suplemento: afrechillo o afechillo + maíz
3. Venta
3.1. ¿Qué producto vende? ¿A qué precio?
a) Cuy vivo    S/.....
b) Cuy beneficiado                                   S/.....
c) Cuyes destetados                                S/.....
d) Reproductores                                   S/.....
e) Reproductores de descarte                    S/.....
f) Abono    S/.....
3.2. Si venden cuyes vivos o beneficiados ¿De qué pesos aproximadamente lo venden?
a) Cuy vivo:.....
b) Cuy beneficiado:.....
c) Reproductor de descarte:.....

3.3. ¿A quiénes vende usted su producto?

- a) Mercado local
- b) Vecinos - familiares
- c) Otros mercados:.....(Lima, Ica, Arequipa, etc)

4. Cuyes de IVITA

4.1. ¿Cuántos años viene criando cuyes de IVITA?

4.2. ¿Cuántos cuyes y de que sexo compró a IVITA la última vez y cuando fue la última vez?

Machos:.....

Hembras:.....

4.3. ¿Con que frecuencia compra cuyes a IVITA?

- a) Mensual
- b) Bimestral
- c) Trimestral
- d) Semestral
- e) Anual

4.4. Si no ha comprado recientemente ¿Por qué no lo ha hecho?

4.5. ¿Ha comprado cuyes de algún otro lugar? (INIA, otras granjas, etc.)

4.6. ¿Al comprar los cuyes de IVITA ha tenido que realizar algún cambio en su sistema de crianza?

- a) Infraestructura (construcción de pozas, comederos fijos, etc)

.....

- b) Alimentación (compra o cambio de concentrado)

.....

- c) Manejo (manejo individual, cambio de horario de alimentación, etc)

.....

- d) Equipamiento (comederos, bebederos, niples, etc)

.....

4.7. Al adquirir cuyes de IVITA (machos y/o hembras). Los ha apareado con:

- a) Solo entre cuyes de IVITA
- b) Machos de IVITA con hembras de la granja
- c) Machos de IVITA con hembras de IVITA y de granja
- d) Hembras de IVITA con machos de la granja
- e) b y d

4.8. proporción de machos/hembra para apareamiento (número de hembras por macho)

4.9. Edad de venta de las crías de los cuyes de IVITA

- a) 12 semanas
- b) 13 semanas
- c) 14 semanas
- d) 15 semanas

\*Cuyes "G" 81 días al mercado (12 sem.) pesan 1 kg, otros 100 días al mercado (15 sem) FUENTE: IVITA

4.10. ¿Cómo calificaría a los cuyes de IVITA como reproductores? ¿Por qué?

- a) Son buenos reproductores (macho fértil, hembra con TC grande, baja mortalidad, etc)

.....

- b) No hay diferencia entre los de IVITA y los propios (cuyes de la granja)

.....

- c) Son malos reproductores (macho poco fértil, hembra con TC pequeño, alta mortalidad, etc)

.....

4.11. ¿Cómo calificaría a las crías de los cuyes de IVITA? ¿Por qué?

- a) Son buenos productores de carne (animales precoces, uniformes, buen rendimiento de carcasa)

.....

- b) No hay diferencia entre los de IVITA y los propios (cuyes de la granja)

.....

- c) Son cuyes malos productores de carne (pequeños, delgados, etc)

.....

4.12. ¿Recomendaría los cuyes de IVITA a otros criadores?

- a) Ya lo he recomendado
- b) Es muy probable que lo recomiende
- c) Es probable que lo recomiende
- d) Es poco probable que lo recomiende
- e) No lo recomendaría

4.13. Recibe capacitación o asistencia técnica por parte de IVITA u otra organización sobre la crianza de los reproductores

- a) Si
- b) No

\* IVITA

\* Otra:.....

4.14. ¿Con que frecuencia recibe dicha capacitación?

- a) Mensual
- b) Bimestral
- c) Trimestral
- d) Semestral
- e) Anual
- f) Otros:.....

4.15. ¿Qué mejoraría o cambiaría usted de los cuyes reproductores de IVITA, teniendo en cuenta su experiencia como criador?