

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE UNA  
RAZA SINTÉTICA EN *Cavia porcellus* FORMADA A PARTIR DE CUYES  
NATIVOS Y PERUANOS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**DIANA MILENA DAVID MARTÍNEZ  
PAULA ANDREA ESCOBAR ZAMBRANO**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO  
2014**

**EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO PRODUCTIVO Y REPRODUCTIVO DE UNA  
RAZA SINTÉTICA EN *Cavia porcellus* FORMADA A PARTIR DE CUYES  
NATIVOS Y PERUANOS EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO.**

**DIANA MILENA DAVID MARTÍNEZ  
PAULA ANDREA ESCOBAR ZAMBRANO**

**Informe final de trabajo de grado presentado como requisito parcial para  
optar al título de Zootecnista**

**Presidente  
CARLOS SOLARTE PORTILLA  
Zoot., M.S.c., Ph.D**

**Copresidente  
LESVY RAMOS OBANDO  
Zoot., IPA., M.Sc**

**Copresidente  
WILLIAM BURGOS PAZ  
Zoot., M.S.c., Ph.D**

**UINVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS  
PROGRAMA DE ZOOTECNIA  
PASTO  
2014**

“Las ideas y conclusiones aportadas en la tesis de grado son responsabilidad exclusiva de sus autores”

Artículo 1° del acuerdo N° 324 de octubre 11 de 1966, emanado por el Honorable Consejo Directivo de la Universidad de Nariño.

Nota de Aceptación

---

---

---

---

---

---

---

---

CARLOS SOLARTE PORTILLA Zoot., M.SC., Ph.D  
Presidente

---

LESVY RAMOS OBANDO Zoot., IPA., M.Sc  
Copresidente

---

WILLIAM BURGOS PAZ Zoot., M.SC., Ph.D  
Copresidente

---

LUIS ERNESTO VITERI SARASTI Zoot.  
Jurado Delegado

---

OSCAR FERNANDO SOTO ÁGREDA Lic. Matemáticas y Física., M.Sc  
Jurado

San Juan de Pasto, 24 de noviembre de 2014

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Programa de Mejoramiento Genético y a la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, por haber facilitado los recursos necesarios para la realización de este trabajo.

Al Doctor Carlos Solarte, nuestro director de tesis, por aportar con su valioso conocimiento al realizar esta investigación.

A Lesvy Ramos Obando, codirectora de la tesis, por su asistencia técnica y todo el apoyo en campo.

Al Doctor William Burgos, por su dedicación y colaboración en el procesamiento y análisis de datos.

A Gema Zambrano y Melissa Eraso por su cooperación y apoyo incondicional en la formación disciplinaria para desempeñarnos en esta área.

A todas aquellas personas que de una u otra manera nos brindaron su colaboración en el proceso y culminación de este trabajo.

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía, por llenarme de bendiciones y sabiduría para emprender este camino de grandes retos.

A mis padres, Teresa Martínez y Ramiro David, por encaminar mi vida en buenos principios, por su amor y su apoyo incondicional. A mis hermanos Alexander y Andrés Felipe, por su ejemplo y su fraternal amistad. A mis familiares y amigos por estar respaldando cada pasó en este peldaño de metas a cumplir.

Diana Milena David Martínez

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida, por permitirme llegar hasta este momento en mi formación profesional y quién supo guiarme siempre por el camino correcto.

A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. A mis padres por su apoyo, consejos, comprensión, amor, ayuda en los momentos difíciles, por ayudarme con los recursos necesarios para estudiar, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos. A mi hermana por estar presente, acompañándome para poderme realizar.

Paula Andrea Escobar Zambrano

## RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue obtener una raza sintética de cuyes, a partir de dos poblaciones puras, una conformada por individuos nativos de Nariño (N) y otra por individuos de origen peruanos (P). Para formar la raza sintética se utilizó un sistema de cruzamientos alterno que inició con una población de 20 machos y 120 hembras de origen peruano y la misma cantidad de machos y hembras de origen nativo.

De acuerdo con los procedimientos universalmente aceptados en el mejoramiento genético, la raza sintética se obtuvo después de realizar los apareamientos *inter se* entre animales con la composición racial  $5/8 P \ 3/8 N$  y  $3/8 P \ 5/8 N$ , durante una generación.

Las variables evaluadas fueron, tamaño de camada al nacimiento (TCN), pesos al nacimiento (PN), al destete (PD), a las cuatro (P4), ocho (P8) y doce (P12) semanas de edad, intervalo entre partos y porcentajes de fertilidad y natalidad, los cuales se estimaron con el programa estadístico "R".

Una vez obtenidas las razas sintéticas se procedió a evaluar su desempeño productivo y reproductivo y se compararon con las dos poblaciones parentales, encontrándose que los mejores promedios de pesos, tamaño de camada, porcentajes de fertilidad y natalidad e intervalo entre partos, los obtuvo la raza peruana y entre las razas sintéticas la que tuvo mayor proporción de peruano ( $5/8P3/8N$ ).

Esto permite destacar a la raza peruana como la de mejor desempeño para las producciones cuyícolas del departamento y recomendar que en los planteles se orienten los apareamientos con esta raza, permitiendo aumentar las características productivas de otras.

**Palabras Clave:** Mejoramiento genético, Raza sintética, Productivo, Reproductivo.

## ABSTRACT

The objective of this research was to obtain a synthetic breed guinea pigs from two pure populations, one consisting of individuals of Nariño native (N) and other individuals of Peruvian origin (P). To form the synthetic breed crosses alternate system that started with a population of 20 males and 120 females from Peru and the same number of males and females of native origin was used.

According to the universally accepted procedures in breeding, synthetic race was obtained after performing animals mating inter racial composition between  $5/8$  and  $P\ 3/8\ N\ 5/8\ N\ 3/8\ P$  during a generation.

The variables evaluated were, litter size at birth (TCN), birth weight (BW), weaning (PD) to four (P4), eight (P8) and twelve (P12) weeks of age, calving interval and fertility rates and birth rates, which were estimated with the "R" statistical program. After obtaining the synthetic breeds were assessed productive and reproductive performances and compared to the two parental populations, finding that the best average weight, litter size, fertility and birth rates and calving interval, the race won between synthetic and Peruvian races that had higher proportion of Peru ( $5/8P\ 3/8N$ ).

This allows the Peruvian breed stand out as the best performer for cuyícolas productions department and recommend that campuses matings with this breed guide, allowing to increase the productive characteristics of others.

**Keywords:** Breeding, Synthetic Breed, Productive, Reproductive.

## CONTENIDO

|                                                                     | pág. |
|---------------------------------------------------------------------|------|
| INTRODUCCIÓN                                                        | 17   |
| 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA                           | 19   |
| 2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA                                         | 21   |
| 3. OBJETIVOS                                                        | 22   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL                                                | 22   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS                                           | 22   |
| 4. MARCO TEÓRICO                                                    | 23   |
| 4.1 GENERALIDADES DEL CUY ( <i>Cavia porcellus</i> )                | 23   |
| 4.2 GENOTIPOS DE CUY                                                | 23   |
| 4.2.1 Cuyes Criollos                                                | 24   |
| 4.2.2 Cuyes Mejorados                                               | 24   |
| 4.3 MEJORAMIENTO GENÉTICO EN CUYES                                  | 24   |
| 4.3.1 Tipos de cruzamientos                                         | 25   |
| 4.3.2 Formación de razas sintéticas                                 | 26   |
| 4.3.3 Importancia de la composición racial en proporción de octavos | 28   |
| 5. DISEÑO METODOLÓGICO                                              | 29   |
| 5.1 LOCALIZACIÓN                                                    | 29   |
| 5.2 FORMACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO                            | 29   |
| 5.3 VARIABLES PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS                           | 30   |
| 5.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS                                         | 31   |

|         |                                                    |    |
|---------|----------------------------------------------------|----|
| 5.5     | SANIDAD Y ALIMENTACIÓN                             | 31 |
| 5.6     | ANÁLISIS ESTADÍSTICO                               | 31 |
| 5.6.1   | Variables respuesta a analizar                     | 31 |
| 5.6.2   | Modelación de datos                                | 31 |
| 5.6.3   | Retención de heterosis                             | 34 |
| 5.6.4   | Variables reproductivas                            | 34 |
| 5.6.4.1 | Intervalo entre partos (IEP)                       | 34 |
| 5.6.4.2 | Fertilidad y Natalidad                             | 34 |
| 5.6.5   | Procesamiento de datos                             | 36 |
| 6.      | PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS             | 38 |
| 6.1     | EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS            | 38 |
| 6.1.1   | Tamaño de camada                                   | 38 |
| 6.1.2   | Pesajes                                            | 39 |
| 6.2     | EFFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS | 41 |
| 6.3     | CONTRASTES ORTOGONALES                             | 42 |
| 6.4     | EVALUACIÓN DE RETENCIÓN DE HETEROSIS               | 43 |
| 6.5     | EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES REPRODUCTIVAS          | 44 |
| 6.5.1   | Intervalo entre partos                             | 44 |
| 6.5.2   | Fertilidad y natalidad                             | 45 |
| 6.5.2.1 | Porcentaje de fertilidad                           | 45 |
| 6.5.2.2 | Porcentaje de natalidad                            | 45 |
| 7.      | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES                     | 47 |
| 7.1     | CONCLUSIONES                                       | 47 |

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 7.2 | RECOMENDACIONES | 47 |
|     | BIBLIOGRAFÍA    | 49 |
|     | ANEXOS          | 52 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                           | pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Tabla 1. Características para las Razas Perú y Andina                                                                                     | 27   |
| Tabla 2. Medias y desviaciones estándar de los pesos al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad, para cada grupo racial. | 39   |
| Tabla 3. Significancia de los efectos fijos sobre los diferentes pesos evaluados                                                          | 41   |
| Tabla 4. Retención de heterosis para las razas sintéticas                                                                                 | 43   |
| Tabla 5. Análisis estadístico de la variable intervalo entre partos (IEP) para cada raza                                                  | 44   |
| Tabla 6. Porcentaje de fertilidad y natalidad estimado en las razas evaluadas                                                             | 45   |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                         | pág. |
|-------------------------------------------------------------------------|------|
| Figura 1. Esquema de apareamiento para la formación de razas sintéticas | 30   |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                                                         | pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Anexo A. Análisis de varianza para la variable Tamaño de Camada al Nacimiento para cada raza                            | 53   |
| Anexo B. Gráfico de caja de las variables productivas, peso al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad | 54   |
| Anexo C. Programación y salidas de “R”                                                                                  | 55   |
| Anexo D. Registro fotográfico de animales de raza sintética                                                             | 61   |
| Anexo E. Registro fotográfico de trabajo en campo                                                                       | 62   |

## GLOSARIO

**CAMADA:** conjunto de las crías de ciertos animales nacidas en el mismo parto.

**CORRELACIÓN GENÉTICA:** medida de grado de asociación entre el valor de la cría de una característica (objetivo de selección) y el valor de cría de otra característica (criterio).

**CRUCE:** se llama cruces o cruzamientos a los apareamientos entre dos individuos (pueden ser razas o especies) de diferentes sexo.

**DEPRESIÓN ENDOGÁMICA:** aumento de la consanguinidad a menudo implica la progresiva reducción de la media fenotípica de diversos caracteres, entre los que destacan los vinculados a la eficiencia biológica y a la reproducción.

**DESTETE:** proceso o acción de separar la cría de su madre en un momento de la vida del mismo, terminando de esta manera con el suministro de la leche materna.

**EPISTASIS:** tipo de interacción entre genes situados en distintos loci en un mismo cromosoma que consiste en que cada gen puede enmascarar o suprimir la expresión del otro. El efecto epistático, que es no alélico y por tanto opuesto a la relación de dominancia, puede ser debido a la presencia de factores recesivos homocigóticos en un par de genes o de un alelo dominante que se contrapone a la expresión de otro gen dominante.

**ESPECIE:** población o poblaciones de organismos que pueden aparearse entre sí y producir descendencia fértil.

**FENOTIPO:** conjunto de propiedades de tipo morfológico, físico, bioquímico y de comportamiento que un organismo desarrolla por la acción de los genes y del ambiente.

**FERTILIDAD:** capacidad que puede tener cualquier ser vivo para producir descendencia. En este sentido, todos los seres vivos tienen como principal función la de continuar la existencia.

**GENOTIPO:** conjunto de los genes de un individuo, incluida su composición alélica.

**HEREDABILIDAD ( $h^2$ ):** relación entre la variación aditiva genética y la varianza fenotípica. Los valores de este parámetro indican cuanto de las diferencias observadas entre los individuos, se deben al efecto de los genes para una característica en particular.

**HETEROSIS:** o también llamado vigor híbrido es el aumento de vigor de los individuos híbridos con respecto a sus padres.

**HETEROSIS INDIVIDUAL:** superioridad del individuo  $F_1$  debido a que es híbrido.

**HETEROSIS MATERNA:** superioridad del individuo  $F_1$  debido a que su madre es híbrida.

**HETEROSIS PATERNA:** ídem, pero referido a los padres. De poca importancia en producción animal.

**LÍNEAS:** variedades dentro de una misma estirpe.

**MEJORAMIENTO GENÉTICO:** conjunto de metodologías que aplican principios biológicos, económicos y matemáticos, con el fin de encontrar estrategias óptimas para aprovechar la variación genética existente en una especie de animales en particular para maximizar su mérito.

**NATALIDAD:** número proporcional de nacimientos en población y tiempo determinados.

**RAZA:** subgrupos de individuos pertenecientes a una misma especie que han divergido fenotípicamente debido al efecto de la selección ejercida por el hombre.

**RAZA SINTÉTICA:** raza resultante del cruzamiento entre 2 razas diferentes, las cuales combinan características de las razas originales en porcentajes adecuados, como puede ser complementariedad, capacidad adecuada de adaptación, mantenimiento del tamaño adecuado al ambiente, mantenimiento de niveles de producción y calidad del producto final y utilización del vigor híbrido.

**REPETIBILIDAD:** es la capacidad de replicar la heredabilidad en varias progenies.

**SUBESPECIE:** subgrupo de individuos pertenecientes a una especie que, debido al aislamiento geográfico, han divergido fenotípicamente de otros miembros de esa misma especie.

**VALOR GENÉTICO:** valor promedio que tiene un individuo en todos sus genes para cualquier característica de herencia aditiva.

## INTRODUCCIÓN

Perú es el país con la mayor población y consumo de cuyes, con una producción anual de más de 16.500 toneladas de carne, proveniente del beneficio de más de 65 millones de cuyes. En Colombia y Bolivia, la comercialización es regional y la producción minoritaria<sup>1</sup>.

El departamento de Nariño, ocupa el primer lugar en Colombia en la producción y consumo de cuyes con 1.900.067 animales (Consolidado Agropecuario, 2008)<sup>2</sup>. Pantoja *et al*<sup>3</sup>, manifiestan que la demanda mensual es de 20.000 animales en Nariño, y se incrementa principalmente en épocas de festividades tradicionales. El mismo autor destaca que la ciudad de mayor potencial de consumo es Pasto con el 70% de los animales demandados.

Las cifras antes indicadas evidencian, una oportunidad de mercado no satisfecho, pero que a su vez reflejan la necesidad de incrementar la productividad de las empresas cuyícolas, a través de la utilización de tecnologías apropiadas para la especie. En el caso concreto del mejoramiento genético, permite contribuir a la identificación de líneas que ofrezcan el mayor rendimiento productivo y reproductivo de la especie.

Según Solarte *et al*<sup>4</sup>, ninguna producción cuyícola en Nariño con cierto nivel de tecnificación utiliza reproductores nativos, los cuales sólo se encuentran en núcleos conservados como el de la Universidad de Nariño en la granja de Botana. Lo anteriormente expuesto, trae como consecuencia la pérdida de la variabilidad genética en los animales mejorados, por efecto de la alta endogamia, lo cual provoca un desaprovechamiento de un recurso genético autóctono y lo pone en riesgo de extinción.

Raymondi<sup>5</sup>, menciona que el propósito de mejorar esta especie es aprovechar su variabilidad genética, seleccionando artificialmente y apareando adecuadamente los individuos que la componen, buscando incrementar su eficiencia productiva, con el objetivo final de satisfacer las necesidades de los productores.

---

1 CHAUCA, L. Producción de cuyes *Cavia porcellus*. Estudio FAO producción y sanidad animal. 1997. [Online] Available from internet: <http://www.fao.org/docrep/W6562s/w6562s00.HTM>

2 GOBERNACIÓN DE NARIÑO / SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE. Consolidado agropecuario 2008. Pasto. 2009.

3 PANTOJA R., EDISSON G., BOLAÑOS Z. y EDWIN G. Diagnóstico estratégico de mercadeo para la cadena cuyícola en el municipio de Pasto. Universidad de Nariño. 2010.

4 SOLARTE, C., CÁRDENA., ROSERO, C., BURGOS, W. Caracterización molecular de tres líneas de *Cavia porcellus* mediante la aplicación de AFLP. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias vol.20. N°1 2007. p. 49-58

5 RAYMONDI J. Potencial Genético en Cuyes. Programa Nacional de Investigación en Animales Menores. 2007. p 19-21

A lo largo del tiempo, se ha empleado técnicas de producción tradicionales en las crías de cuyes, Burgos<sup>6</sup>, sostiene que en la actualidad son evidentes los avances tecnológicos en procura de obtener animales más precoces y con mejores características para satisfacer las necesidades del mercado.

Así mismo, Solarte y Viteri<sup>7</sup>, mencionan que, la necesidad de obtener cuyes con índices productivos más altos ha motivado a la selección por el mérito genético de los reproductores y para esto se han aplicado modelos de evaluación genética con métodos tradicionales como la selección masal y el cruzamiento, como principales herramientas.

En este sentido, Sierra<sup>8</sup>, afirma que las razas sintéticas, mantienen una composición genética constante en el tiempo y progresan genéticamente por selección. La formación de razas compuestas permite aprovechar el efecto de la heterosis o vigor híbrido y de esta manera lograr y mantener una composición racial, obtenida por la adición directa de genes. Entre tanto, Sanders<sup>9</sup>, señala que el cruzamiento de dos o más razas, permite obtener animales con niveles de producción más altos, en comparación con las razas parentales.

En consecuencia, el presente estudio evaluó algunas características productivas y reproductivas de las razas Peruana, Nativa y dos razas sintéticas, formadas a partir de las razas Peruana y Nativa, con el objetivo de obtener un animal que proporcione las mejores características de productividad en el departamento de Nariño.

---

6BURGOS William. Estudio de la diversidad genética de tres líneas de cuyes *Cavia porcellus* (Rodentia: Cavidae) mediante el marcador molecular RAPD. Universidad de Nariño. 2007. p. 78.

7 SOLARTE Carlos y VITERI Luis. Índice de selección, prueba de progenie, y prueba de comportamiento en cuyes. Revista de Zootecnia. Vol. 4, No. 7 2001. p. 36

8 SIERRA, A. El concepto de raza: evolución y realidad. Archivos de Zootecnia 50. 2001. p. 547-564.

9 SANDERS J. Formación de razas sintéticas y retención de heterosis. Asociación Braford. Argentina 1989. p.29-32.

## 1. DEFINICIÓN Y DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

El funcionamiento de los organismos vivos está gobernado por conjuntos de genes. Diferencias en su contenido, variaciones e incluso la manera en que se organizan éstos a lo largo de los cromosomas, determinan las características de cada una de las especies. Alterando esta disposición, se puede modificar el desempeño original de los organismos.<sup>10</sup>

Los cuyes desde su domesticación han sido sometidos a una selección natural y han mantenido una gran variabilidad genética. Lograr cuyes precoces ha significado realizar una acción conjunta del mejoramiento genético y de su medio ambiente. La mejora del medio ambiente da resultados inmediatos y asegura el progreso de la crianza<sup>11</sup>.

El cuy es un mamífero roedor originario de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, que constituye un producto de alto valor nutritivo y bajo costo de producción. En Colombia esta actividad se encuentra mayormente difundida en los departamentos de Nariño y Putumayo, donde contribuye a la seguridad alimentaria y a la generación de ingresos económicos familiares (Augustín,1984)<sup>12</sup>.

Para Caicedo<sup>13</sup>, desde hace aproximadamente unos 20 años se han importado reproductores de *C. porcellus* procedentes del Perú, con el fin de aumentar el desempeño productivo y reproductivo de los animales mediante cruzamientos con el material genético local y la mayoría de investigaciones han centrado su interés en aspectos de manejo y nutrición, aunque también existen algunos trabajos en mejoramiento genético, limitados a los planteles donde existe suficiente información para desarrollar los procesos de evaluación genética que incluyen la estimación de los parámetros genéticos, la predicción del valor genético y el diseño de los programas de los animales seleccionados.

Solarte, Soto y Pérez<sup>14</sup>, mencionan que, el Mejoramiento Genético para esta especie se ha basado en los métodos y procedimientos de la genética cuantitativa aplicada, básicamente para la estimación de heredabilidades y otros parámetros con modelos que cada vez han adquirido mayor complejidad, con el fin de

---

10 BARRERA H. SALDAÑA, Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna. 2007. p. 131

11 CHAUCA L. Op cit

12 AUGUSTÍN A., CHAUCA L., MUSCARI G. y ZALDÍVAR. Diferentes niveles de proteína en la ración y su efecto en el crecimiento de cuyes en su primera recría (1-4 semanas). VII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Lima-Perú. 1984. p.39

13 CAICEDO, Alberto. Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Universidad de Nariño. 1999. p. 506.

14 SOLARTE Carlos; SOTO Fernando y PÉREZ T. Modelo Animal Multicarácter para la selección de reproductores *Cavia porcellus* en Colombia. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Vol. 36, No. 1 2002. p. 25

seleccionar con mayores niveles de confiabilidad los reproductores de mérito genético superior, principalmente para rasgos como la velocidad de crecimiento y el tamaño de camada.

Entre las estrategias de mejoramiento recomendadas para la región, no se ha considerado la formación de razas sintéticas que podrían tener un mayor potencial productivo en comparación con las líneas peruanas y nativas tradicionalmente utilizadas, posiblemente a causa de la ausencia de información sobre el área, en la región.

Por lo tanto es necesario formar una raza sintética que contenga una proporción de  $5/8$  peruano y  $3/8$  nativo y viceversa y evaluar su desempeño en las características de mayor importancia económica respecto a las dos razas puras.

## **2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Las razas sintéticas  $5/8P$   $3/8N$  y  $3/8P$   $5/8N$ , formadas a partir del cruce de cuyes nativos y peruanos tiene mejor desempeño que las razas puras?

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el desempeño productivo y reproductivo de una raza sintética en *Cavia porcellus*, formada a partir de cuyes nativos y peruanos en el Departamento de Nariño.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Comparar el desempeño de la raza sintética, constituida por la proporción genética 5/8 peruano y 3/8 nativo y su dialélico, con las líneas parentales puras para las variables productivas tamaño de camada al nacimiento, peso al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad.
- Comparar el desempeño de la raza sintética, constituida por la proporción genética 5/8 peruano y 3/8 nativo y su dialélico, con las líneas parentales puras para las variables reproductivas intervalo entre partos y porcentajes de fertilidad y natalidad.
- Determinar la raza con los mejores desempeños productivos y reproductivos.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 GENERALIDADES DEL CUY (*Cavia porcellus*)

El *Cavia porcellus* (Rodentia: caviidae), es un mamífero roedor originario de la zona andina de Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú<sup>15</sup>, en Perú como en Ecuador, el cuy se encuentra distribuido a lo largo de su territorio; mientras que en Colombia su distribución es regional<sup>16</sup>, principalmente en el departamento de Nariño y en menor proporción en otras regiones como Cauca y Putumayo<sup>17</sup>.

La taxonomía de *C. porcellus* lo ubica en la clase mammalia, que agrupa a los vertebrados amniotas de sangre caliente, con pelo y glándulas mamarias productoras de leche con la que alimentan a las crías. Dentro de esta clase, el cuy ha sido incluido en el orden rodentia, especie caracterizada por la presencia de incisivos de gran tamaño y crecimiento continuo; su falta de la lámina infraorbital lo diferencia de la rata (*Rattus norvegicus*) y el ratón (*Mus musculus*) ambos pertenecientes al suborden miomorphos. El cuy pertenece a la familia caviidae donde se incluye animales de cabeza grande y rectangular, con cola corta o ausencia de ella<sup>18</sup>.

Desde el punto de vista productivo, Ortégón y Morales<sup>19</sup>, definen la raza Colombiana de cuyes como animales rústicos, pequeños, de bajo peso, cabeza alargada, angulosos y cuello relativamente largo con poca masa muscular. El mismo autor manifiesta que la línea peruana de cuyes se distingue por una conformación enmarcada dentro de un paralelepípedo clásico en las líneas productoras de carne, buena longitud, profundidad y ancho, mayor desarrollo muscular fijado en una buena base ósea, cabeza pequeña en la que no se distingue la separación con el cuerpo, pelo corto de colores claros, mayor velocidad de crecimiento y buena conversión alimenticia.

### 4.2 GENOTIPOS DE CUY

Chauca<sup>20</sup> señala, que en los países andinos se encuentran dos genotipos de cuyes: el criollo y el mejorado.

---

15 CHAUCA L. Op cit.

16 ZÚÑIGA, H; et al. Revisión taxonómica de las especies del genero *Cavia* (Rodentia: Caviidae) en Colombia. Acta Zoológica Mexicana. N° 87. 2002. p.111-123.

17 CAICEDO A. Op cit. p.506

18 NCBI (National Center for Biotechnology Information) a través del Genbank. [Online] <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=10141>>

19 ORTEGÓN M., MORALES F. El Cuy. Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. Pasto, Colombia. 1987. p. 295.

20 CHAUCA L. Op cit.

**4.2.1 Cuyes Criollos.** Son individuos que se encuentran principalmente en los sectores rurales y su sistema de producción es tradicional o familiar. Presentan rendimientos productivos bajos y son poco precoces. Se distinguen por su alta rusticidad gracias a su adaptación al medio y se desarrollan sin mayor exigencia a una buena calidad de alimento pues su dieta se basa casi exclusivamente con forrajes.

Los cuyes criollos existentes en los países andinos, se caracterizan por tener el cuerpo con poca profundidad y escaso desarrollo muscular, la cabeza es triangular, alargada y angulosa, de carácter nervioso y no se adaptan bien a vivir en pozas. El color de su pelo es variado, encontrándose animales de colores simples: claros (blanco, alazán, bayo y violeta) y oscuro (negro). Los de pelaje compuesto son: ruano (alazán con negro), lobo (amarillo con negro) y moro (blanco con negro). También se encuentran cuyes fajados, cuando los colores van por franjas de dos colores siendo siempre una de ellas blanca.

Debido a su forma habitual de crianza son animales consanguíneos, seleccionados negativamente por la venta de animales de mayor tamaño y solo se destinan a la reproducción los de menor tamaño.

**4.2.2 Cuyes Mejorados.** El Perú inició los trabajos de mejoramiento genético en cuyes a partir de 1966, con la evaluación del germoplasma de diferentes ecotipos maestreados a nivel nacional. En el año 1970, en la Estación Experimental Agropecuaria La Molina del INIA, se inició un programa de selección con miras a mejorar el cuy criollo existente a nivel nacional. Se seleccionaron animales por su precocidad y prolificidad, hasta desarrollar las actuales líneas Perú, Inti y Andina.

La línea Perú, seleccionada por el mayor peso a la edad de comercialización, se caracteriza por ser precoz, obtiene pesos de 800g a los 2 meses de edad y conversiones alimenticias de 3,8 al ser alimentada en buenas condiciones con concentrados balanceados. Su prolificidad promedio es de 2,3 crías nacidas vivas. El color de su pelo es preferentemente blanco con rojo, siendo su pelo liso y pegado al cuerpo, sin remolinos.

### **4.3 MEJORAMIENTO GENÉTICO EN CUYES**

Un proceso sencillo de mejoramiento genético en cualquier especie o población es, básicamente, a través de la selección. A simple vista este proceso consiste en la eliminación sistemática de animales indeseables y la propagación preferencial de animales con características deseables. Entonces la selección trata de cambiar la base genética de la población en una dirección deseada, generalmente determinada por las condiciones económicas de la producción<sup>21</sup>.

---

21 CARDELINO, R. RAVIRA, J. Mejoramiento Genético Animal. Hemisferio Sur. 1987. p.253.

Chauca<sup>22</sup> afirma que los cuyes desde su domesticación han sido sometidos a una selección natural y han mantenido una gran variabilidad genética. Se han multiplicado y producido individuos iguales a sus progenitores, pero a lo largo de ese tiempo deben haber sufrido mutaciones que les han permitido sobrevivir en medios adversos. Lograr cuyes precoces ha significado realizar una acción conjunta del mejoramiento genético y de su medio ambiente. La mejora del medio ambiente da resultados inmediatos y asegura el progreso de la crianza.

Como resaltan Solarte y Viteri<sup>23</sup>, la necesidad de obtener cuyes con índices productivos más altos ha motivado a la selección por mérito genético de los reproductores y para esto se han aplicado modelos de evaluación genética con métodos tradicionales como la selección masal y el cruzamiento, como principales herramientas. La aplicación de programas de mejoramiento genético produce un sostenible incremento en la eficiencia productiva de una población.

Dentro de un programa de mejoramiento genético y como factor importante en esta investigación, se ha descrito la estrategia de cruzamientos como una herramienta de gran utilidad para incorporar características productivas deseables en una población. El cruzamiento permite aprovechar el vigor híbrido y la complementariedad en la genética de dos o más poblaciones y los individuos híbridos resultantes presentan mejor rendimiento que el promedio de las razas puras paternas.

**4.3.1 Tipos de cruzamientos.** De acuerdo con la bibliografía, existen diferentes tipos de cruzamientos, cuya finalidad es incorporar genes existentes en una raza o línea hacia otra. Dentro de los tipos de cruzamiento se puede destacar:

- Cruzamiento Absorbente: hace referencia a la sustitución gradual de una población por el apareamiento en cada generación de reproductores puros una raza elegida, de modo que en cada generación se incrementa la fracción genética de la raza elegida llegando hasta el puro por absorción.
- Cruzamiento Rotativo: Se caracteriza por emplear en cada una de las generaciones sucesivas, reproductores de razas diferentes a las que dieron origen al primer cruzamiento.
- Cruzamiento Alterno: consiste en el apareamiento de individuos de razas distintas y en su descendencia se emplean reproductores de las razas de origen, alternándolos.

---

22 CHAUCA L. Op cit.

23 SOLARTE, Carlos y VITERI, Luis. Índice de selección, prueba de progenie, y prueba de comportamiento en cuyes. En: Revista de Zootecnia. Vol. 4, No. 7 (2001); p. 36

Este último tipo de cruzamiento es frecuentemente empleado dentro de los esquemas de mejoramiento, pues su importancia radica en que los apareamientos alternados mantienen un nivel de heterosis significativamente alto a través de las diferentes generaciones.

Al respecto, la heterosis o vigor híbrido hace referencia al rendimiento promedio de la descendencia cruzada, con respecto a los progenitores para ciertos caracteres. Se reconocen varios tipos de heterosis, entre los que se incluyen: **Heterosis materna y paterna**, que se refiere al rendimiento de los animales como progenitores y **Heterosis individual**, que se refiere al rendimiento no parental, sino propio del animal cruzado<sup>24</sup>.

Con el empleo de los cruzamientos y el aprovechamiento de heterosis, dentro del mejoramiento genético, se puede llegar a la formación de proporciones, líneas o razas sintéticas que contribuyan a incrementar el potencial productivo promedio de una población.

**4.3.2 Formación de razas sintéticas.** El término de raza está compuesto por múltiples y, en ocasiones, complejas descripciones. Sierra propone una definición que abarca las ideas propuestas: “define la raza como un concepto técnico científico, identificador y diferenciador de un grupo de animales, a través de una serie de características morfológicas, productivas, psicológicas, de adaptación, entre otras, la cuales son transmisibles a la descendencia, manteniendo por otra parte una cierta variabilidad y dinámica evolutiva”<sup>25</sup>.

Para la formación de poblaciones sintéticas con una composición genética deseada se emplea machos puros y hembras cruzadas o puras los cuales son cruzados según un determinado esquema durante algunas generaciones. La proporción de estas poblaciones se mantienen en las generaciones sucesivas por el apareamiento entre sí (*inter se*), además de progresar genéticamente por medio de la selección.

Una vez que una nueva población compuesta es formada, esta se puede manejar como una población pura, sin mezclas y sin ninguna complicación del manejo. León<sup>26</sup> menciona que los animales compuestos se aparean entre sí, con los de su propia clase, reteniendo un determinado nivel de heterosis y es por esta razón que se asocia con el cruzamiento tradicional; sin embargo, una vez concluida la etapa formativa de la población compuesta, se recurre al apareamiento *inter se* para

---

24 TABOADA C. Los cruzamientos y las razas sintéticas cebuinas en las regiones marginales. Sitio Argentino de Producción Animal. Argentina. 1985. p.269-277.

25 SIERRA A. Op cit. p.547-564

26 LEÓN A. Sistemas de cruzamiento para la producción de ganado tropical. Manual de Ganadería Doble Propósito. Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado". México. 2005. p.114

generar nuevos individuos sin realizar nuevos cruzamientos con otras razas y conservando los niveles de heterosis.

Entre las ventajas de las razas sintéticas están: el mantenimiento del biotipo entre generaciones, el incremento del desempeño de algunos caracteres productivos y reproductivos de la especie, entre ellos, la ganancia de peso, el tamaño de camada, el intervalo entre partos, la fertilidad y natalidad.

Raymondi<sup>27</sup>, reporta la siguiente tabla para las características de importancia en las razas de evaluación:

**Tabla 1. Características para las Razas Perú y Andina**

| CARACTERÍSTICAS                      | RAZA PERÚ  | RAZA ANDINA |
|--------------------------------------|------------|-------------|
| Fertilidad promedio                  | 95%        | 98%         |
| Tamaño de camada (1er parto)         | 2.22 crías | 2.9 crías   |
| Tamaño de camada (promedio de parto) | 2.61 crías | 3.2 crías   |
| Periodo de gestación                 | 68 días    | 67 días     |

RAYMONDI J. Potencial Genético en Cuyes. Programa Nacional de Investigación en Animales Menores. 2007. p 19-21

La conformación de razas sintéticas de cuyes a partir de razas puras no se ha realizado en Colombia. De hecho, no se ha evaluado la eficiencia de las poblaciones nativas dentro de un programa de mejoramiento genético, siendo esta población una fuente de diversidad genética y con gran potencial productivo gracias a su adaptación al medio.

Como se ha comprobado en otras regiones productoras de esta especie, la búsqueda de individuos altamente productivos con notable adaptación al medio es exitosa y genera nuevas posibilidades de mercadeo y desarrollo económico de la actividad cuyícola. De hecho, un estudio realizado en el Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria – La Molina<sup>28</sup>, donde se evaluó las características productivas de una línea sintética en cuyes, a partir de las razas andina, inti y peruana, demostró que esta estrategia puede incrementar el potencial productivo de razas de bajo nivel productivo. Por ejemplo, el mencionado estudio reportó un mayor promedio de pesos en la generación F1 para las cuatro y ocho semanas de edad y en las subsiguientes generaciones (F2, F3 y F4), se observa que los pesos incrementan en 23%, 35.5% y 27% más, al promedio de la F1.

<sup>27</sup>RAYMONDI J. Op cit.p.19-21

<sup>28</sup> CHAUCA L., MUSCARI J., VEGA LL., HIGAONNA R. Formación de una Línea Sintética de Cuyes. Instituto Nacional de Investigación y extensión Agraria – La Molina. Piura-Perú. (2004).

De ser así, la identificación de una combinación racial determinada entre cuyes altamente productivos (línea peruana) y el acervo genético adaptado a nuestras condiciones de producción (cuy nativo colombiano) permitirá impulsar el desarrollo productivo en sistemas de crianza familiar y tradicional del sector rural de Nariño.

**4.3.3 Importancia de la composición racial en proporción de octavos.** La formación de razas compuestas o sintéticas tiene vital importancia en la habilidad que tienen estas de retener al máximo las mejores características de desempeño productivo de sus parentales, además de poseer la habilidad de combinar las particularidades de cada uno de sus padres y expresarlas durante su desarrollo.

La proporción racial de octavos 5/8 (62.5%) 3/8 (37.5%), ha tenido gran impacto en los animales destinados a la producción, como el caso de los bovinos, donde la combinación de razas de aptitud lechera con razas de aptitud cárnica generan animales doble propósito.

Muchas de estas nuevas razas son aceptadas comercialmente, ya que el sistema de cruzamientos utilizado para su conformación ha permitido que los individuos cruzados expresen mejores resultados que sus progenitores. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que aunque los animales F1 o “medios” expresan la mayor retención de heterosis, composiciones raciales subsecuentes como los “cuartos” u “octavos” pueden conservar las características fenotípicas deseadas en su formación, pues la variabilidad de los individuos F1 no permite fijar características deseadas. Entre las razas formadas por combinaciones en “octavos” podemos mencionar las razas Brangus, Charbray, Simbrah, Girholando, entre otras, las cuales presentan ventajas como: resistencia a las condiciones sanitarias, adaptación al clima y a la oferta nutricional; menor edad y mayor peso a la pubertad, mejores pesos al nacer y facilidades de parto, mayor producción de leche y carne con mayores pesos al destete, menor edad al sacrificio, carne y leche de mayor calidad, menor edad al primer parto, mayores rendimientos y conversión entre otros muchos beneficios<sup>29</sup>.

Sin embargo en la especie cuyícola, objetivo de esta evaluación, no se han realizado estudios de este tipo, siendo importante reconocer que características puede expresar la proporción de octavos en comparación a las razas existentes.

---

29 SANDERS J. Op Cit. p. 29-32

## 5. DISEÑO METODOLÓGICO

### 5.1 LOCALIZACIÓN

El estudio se realizó en la Granja Experimental Botana de la Universidad de Nariño, ubicada a 9 Km al sur de San Juan de Pasto, departamento de Nariño, con coordenadas geográficas 01,16173' latitud Norte y 077.26881' longitud Oeste, a una altura de 2851 msnm y temperatura promedio de 12°C<sup>30</sup>.

### 5.2 FORMACIÓN DE LA POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población base para este estudio estuvo conformada por 20 machos y 120 hembras de origen peruano y el mismo número de ejemplares de origen nativo, los cuales se seleccionaron teniendo en cuenta criterios fenotípicos como el tamaño, el peso y la edad, prefiriendo animales con un promedio de peso de un kilogramo y tres meses de edad. Además se observó que los animales base no presentarían ninguna relación de parentesco, con el fin de reducir los niveles de consanguinidad en los posteriores cruzamientos realizados.

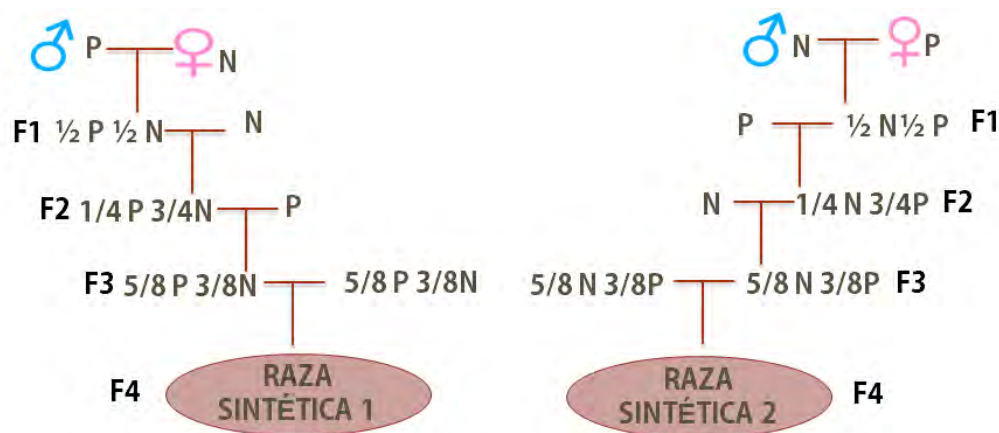
Los cruces con los que se inició el estudio fueron, machos nativos por hembras peruanas y machos peruanos por hembras nativas, en una proporción macho-hembras de 1:6 para ambos casos. A partir de estos grupos se realizaron apareamientos alternos hasta obtener un núcleo con la composición racial 5/8 peruano y 3/8 nativo, al igual que un núcleo con la proporción 3/8 peruano y 5/8 nativo. Brevemente, se cruzó la población de peruanos (P) y nativos (N) puros para obtener la población de F1 conformado por 1/2P 1/2N. Este grupo F1 se cruzó con animales peruanos o nativos para conseguir la proporción de 1/4P 3/4N y su dialélico; dando lugar a los animales F2. Para lograr la F3 se cruzó la F2, nuevamente con animales puros. En este último, se realizó el denominado apareamiento *inter* se durante una generación. El anterior esquema se presenta en la Figura 1.

Los apareamientos realizados generaron un total de 361 animales, de los cuales 119 fueron de la raza peruana, 117 nativos, 103 de composición racial 3/8P 5/8N y 22 de la composición 5/8P 3/8N.

---

30 IDEAM 2013. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá – Colombia.

**Figura 1. Esquema de apareamiento para la formación de razas sintéticas**



Adicionalmente, en el Anexo D, se presenta el esquema de apareamientos realizado para la obtención de las razas sintéticas, resaltando la variabilidad fenotípica de los animales empleados.

Factores asociados a los esquemas de apareamientos, dificultades sanitarias y manejo de los animales limitaron el número de individuos en algunos cruzamientos como en el caso del grupo 5/8P 3/8N. Este aspecto no permitió la realización de un análisis de evaluación genética para seleccionar los mejores individuos en cada grupo, dado que el modelo animal requiere un gran número de individuos para obtener alta confiabilidad en el mérito genético estimado para cada individuo.

### 5.3 VARIABLES PRODUCTIVAS Y REPRODUCTIVAS

Al iniciar el experimento, los valores observados para las variables productivas y reproductivas, se almacenaron en un libro de registros, donde además se consideró la información relevante para la clasificación de los individuos en la modelación. El control de genealogía se realizó marcando a los animales, asignándoles un número único y diferenciándolos de machos y hembras, para ello se utilizó una lámina metálica y el pirograbador.

Para comparar el desempeño productivo de la raza sintética, se realizaron pesajes de los animales durante la vida productiva de los animales. Los pesos se obtuvieron con ayuda de una balanza electrónica, con capacidad de cinco kilogramos y sensibilidad de un gramo, una canasta metálica. De este modo se brindó, comodidad al animal y permitió que el pesaje fuera más exacto. El registro de los pesos se realizó al nacimiento (PN), al destete (PD) realizado a los 15 días de edad, a las cuatro (P4), ocho (P8) y doce semanas (P12) de edad, en todos los animales del estudio, hasta obtener el último peso de los individuos de la raza sintética. Adicionalmente se midió el tamaño de camada al nacimiento (TCN) que correspondió al número de gazapos de cada hembra en cada parto.

En cuanto a las variables reproductivas, se evaluó el intervalo entre partos (IEP) el cual fue estimado a partir de las fechas de partos y la organización de las camadas en cada parto de una hembra. Todas las mediciones, se depositaron en un registro que contempla la vida reproductiva de las hembras y el macho de cada núcleo en cada poza de reproducción.

#### **5.4 INSTALACIONES Y EQUIPOS**

Durante la ejecución de la investigación, las unidades experimentales fueron alojadas en una sección de la unidad de mejoramiento genético en cuyes de la Granja Experimental Botana. Para los apareamientos, fue necesario utilizar pozas en piso con un área aproximadamente de 1m<sup>2</sup>, con divisiones en madera y provistas de canastillas metálicas para el suministro de forraje verde y comederos en piedra para el alimento balanceado.

#### **5.5 SANIDAD Y ALIMENTACIÓN**

Los factores de sanidad y alimentación de los animales, fueron realizados de acuerdo con el manejo técnico de la granja. En resumen, para la sanidad de los animales, se llevó a cabo una desparasitación cutánea con eprinomectina al 0.5% de concentración y suministro de un complejo vitamínico vía oral al momento del destete y al entrar a la etapa de reproducción. La limpieza y cambio de las camas se realizó cada ocho días, empleando cal y viruta. La rutina de alimentación consistió en dos raciones de pasto al día, a las 7 y 11 de la mañana, además de alimento balanceado (40g para cuyes adultos y 20g en la etapa de levante) con la siguiente composición química: humedad máxima 12%, proteína 20%, grasa 3%, fibra 16% y cenizas 8%. La base forrajera es una mezcla de aubade (*Lolium multiflorum*, Lam), trébol (*Trefolium repens* L), alfalfa (*Medicago sativa*), y kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).

#### **5.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

**5.6.1 Variables respuesta a analizar.** Como se mencionó previamente, se analizaron como variables productivas el tamaño de camada, peso al destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad y como variables reproductivas el intervalo entre partos, la fertilidad y la natalidad, tanto para las razas puras así como para las razas sintéticas.

Para cada variable respuesta, en primer lugar se verificó el supuesto de normalidad mediante la prueba de Shapiro-Wilk (W). Posteriormente se estimaron estadísticos de tendencia central y dispersión, con el fin de realizar un estudio exploratorio inicial de las variables.

**5.6.2 Modelación de datos.** Una primera estrategia de modelación y análisis estadístico de la población sintética de cuyes incluía la utilización de modelos lineales mixtos, que considerarían la información contenida en la matriz de parentesco.

La aplicación de estos modelos permitiría no solo identificar el efecto de la proporción racial sobre las variables analizadas, sino que además permite separar los componentes de varianza debidos a la genética del animal (varianza genética aditiva  $\sigma_a^2$ ), el ambiente permanente ( $\sigma_p^2$ ) e incluso el ambiente común o de camada en el caso de especies multíparas ( $\sigma_c^2$ ). Sin embargo, la existencia de algunos supuestos no permitió realizar la aplicación de este tipo de modelos, en especial por el tamaño de muestra asociado a cada nivel de cada factor a evaluar.

En este sentido, es importante considerar la descripción para modelos mixtos realizada por Searle<sup>31</sup>, en la cual se analiza cómo el bajo tamaño de muestra puede llevar a la estimación incorrecta de los componentes de varianza para datos desbalanceados y la importancia de un mayor tamaño de muestra para realizar una óptima estimación de la varianza dado el mayor espacio muestral (Pág. 223). Lo anterior, especialmente considerando que la resolución de estos modelos se realiza por métodos iterativos (Pág. 284). En segundo lugar, el tamaño de muestra tiene gran incidencia en la estimación de la heredabilidad, pues como el mismo autor describe usando un ejemplo de bovinos (Pág. 13), el  $n$  opera directamente en la formulación de la estimación de la proporción de varianza genética estimada para cada animal, y más en casos de baja conectividad de los datos (Pág. 169). En este sentido, la diferencia en el tamaño de muestra de algunos grupos raciales evaluados (3/8P 5/8N 103 y 5/8P 3/8N 22), y el bajo  $n$  de la población total analizada, es probable que las estimaciones, usando las soluciones del modelo mixto propuestas por Henderson<sup>32</sup>, presenten un alto error estándar o incorrectas estimaciones de los componentes de varianza.

Dado que el interés de este estudio es determinar la eficiencia productiva de la raza sintética de cuyes frente a los animales puros, al retirar la matriz de parentesco del modelo de evaluación genética, se retira este efecto aleatorio y las estimaciones se reducen a soluciones por mínimos cuadrados, sin afectar las estimaciones para los efectos fijos.

Por lo anterior, en este estudio se aplicó un modelo lineal con el cual se ajustaron las variables respuesta **PN, PD, P4, P8 y P12** considerando los efectos fijos de tamaño de camada al nacimiento, número de parto y sexo del animal. El modelo lineal corresponde a la siguiente expresión algebraica:

$$\hat{Y}_{ijk} = \mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k + \varepsilon_{ijk}$$

31 SEARLE S., CASELLA G. & McCULLOCH CH. Variance Componentes. Published by Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey. 2006. p. 13,112,181,223.

32 HENDERSON C. Estimation of Variance and Covariance Components. Biometrics. Vol. 9, No. 2. 1953. p. 226-252.

Y los residuos fueron estimados mediante:

$$\varepsilon_{ijk} = Y_{ijk} - \hat{Y}_{ijk}$$

Donde,

$\hat{Y}_{ijk}$  = Variable respuesta ajustada

$\mu$  = Media común a todas las observaciones

$\tau_i$  = Efecto del sexo,  $i = 1, 2$

$\alpha_j$  = Efecto del tamaño de camada,  $j = 1 \dots 6$

$\beta_k$  = Efecto del número de parto,  $k = 1 \dots 4$

$\varepsilon_{ijk}$  = Residuos

Los valores ajustados para cada variable de peso fueron evaluados mediante la Prueba de Shapiro para establecer si cumplen con el supuesto de normalidad:

$$\hat{Y}_{ijk} \sim N(\mu + \tau_i + \alpha_j + \beta_k, \sigma^2)$$

Posteriormente, las variables ajustadas fueron evaluadas mediante un análisis de varianza para establecer el efecto de la raza sobre las mismas. El modelo empleado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde,

$Y_{ij}$  = Variable ajustada

$\mu$  = Media común a todas las observaciones

$\tau_i$  = Efecto de la raza, donde  $i = 1 \dots 4$

$\varepsilon_{ij}$  = Residuo

Luego de establecer si el factor raza tuvo incidencia sobre las variables respuesta, se comparó los diferentes niveles de raza mediante contrastes ortogonales, los cuales se construyeron de la siguiente manera:

Contraste 1. Todos contra el nativo

Contraste 2. Peruano vs sintéticas

Contraste 3. Entre sintéticas

Para las variables **TCN** e **IEP**, estas no fueron ajustadas por los efectos fijos antes descritos, y se realizó un análisis de varianza únicamente considerando el efecto de la raza del animal, con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Donde,

$Y_{ij}$  = Cada una de las variables, TCN e IEP

$\mu$  = Media común a todas las observaciones

$\tau_i$  =Efecto de la raza, donde  $i=1 \dots 4$

$\varepsilon_{ij}$  =Residuo

Si la raza del individuo incidió sobre la variable respuesta, se compararon los niveles del efecto raza mediante contrastes ortogonales, de manera similar a los descritos anteriormente.

**5.6.3 Retención de heterosis.** Para la obtención del porcentaje de heterosis retenido en la raza sintética, se calculó el promedio de cada pesaje para cada raza sintética (5/8P3/8N y 3/8P5/8N) y se contrastó con el promedio para la misma variable de las razas puras (peruana y nativa) aplicando la siguiente fórmula, citada por Buchanan y Northcutt<sup>33</sup>:

$$\% \text{ Heterosis} = \frac{\mu \text{ Cruzados} - \mu \text{ Puros}}{\mu \text{ Puros}} * 100$$

**5.6.4 Variables reproductivas.** En cuanto a la evaluación reproductiva, se evaluó intervalo entre partos, porcentaje de fertilidad y natalidad.

**5.6.4.1 Intervalo entre partos (IEP).** Para el intervalo entre partos, se agruparon las hembras por raza y se contabilizó los días entre los partos consecutivos. Luego se estimaron estadísticos descriptivos, como la media y la desviación estándar, por cada grupo racial.

**5.6.4.2 Fertilidad y Natalidad.** Para el porcentaje de fertilidad y natalidad se tuvo en cuenta los mismos grupos raciales y se aplicó las fórmulas citadas por Arroyo y Fajardo<sup>34</sup>:

---

33 BUCHANAN D., NORTH CUTT S. The genetic principles of crossbreeding. Beef Cattle Handbook. Product of Extension Beef cattle Resource Committee. (s.a) p. 1.

34 ARROYO A., FAJARDO P. Evaluación nutritiva de cuatro niveles de calabaza (*Curcúbita pepo* L.) en la alimentación de cuyes (*Cavia porcellus*) durante la fase reproductiva. Tesis de grado para obtener el título de Zootecnista. Universidad de Nariño. (1998). p. 40-41.

$$\% \textit{Fertilidad} = \frac{\textit{Hembras Paridas}}{\textit{Hembras Apareadas}} * 100$$

$$\% \textit{Natalidad} = \frac{\textit{Total Crias Nacidas Vivas}}{\textit{Hembras Apareadas}} * 100$$

**5.6.5 Procesamiento de datos.** La base de datos generada en este estudio fue ajustada, depurada y analizada usando el lenguaje de programación R (R Core Team, 2014)<sup>35</sup>. Este programa, fue originalmente diseñado para el análisis estadístico y la realización de gráficos de alta calidad. Su principal ventaja es tener código libre y por lo tanto, disponible de manera gratuita.

La versatilidad del programa R ha hecho que durante los últimos años alcance una gran relevancia en diferentes campos de las ciencias, y cuenta con una notable lista de herramientas disponibles de forma gratuita a través de la página web <http://cran.r-project.org>

Para nuestro caso, utilizamos R para realizar programaciones que permitieran leer la base de datos, clasificar y seleccionar individuos de acuerdo a los criterios necesarios para el análisis. Por ejemplo, las siguientes líneas de programación realizan la lectura de la base de datos (*read.table()*) y posteriormente seleccionar únicamente los animales de la conformación racial sintética:

```
# Read data base
data<-read.table("Base_cavia.txt", header=T)

# Select syntetic Cavia lines
a<-data[data[,8]=="3/8P5/8C" & data[,13]=="3/8P5/8C",]
```

Usando las instrucciones *hist()*, *shapiro.test()* y, *summary()* obtuvimos los histogramas de frecuencia, el test de normalidad de los datos y la estimación de estadísticos descriptivos, respectivamente. Por ejemplo, a continuación se presenta la forma de realizar la prueba de Shapiro-Wilk para el peso al nacimiento (PN) de los cuyes de las líneas sintéticas.

```
shapiro.test(a$PN)
```

Para la modelación lineal se empleó la instrucción *lm()* y para el análisis de varianza la instrucción *aov()*. La siguiente programación permitió obtener el ajuste de los datos para el peso al destete considerando los efectos fijos de tamaño de camada, número de parto y sexo:

---

<sup>35</sup>R Core Team. Project for Statistical Computing. Version 3.1.1. 2014.

```
# linear model to obtain PD adjusted  
M1<-(lm(a$PD ~ a$SEXO + a$TCN + a$NUPA))
```

Finalmente, se construyó un pequeño programa dentro del lenguaje de programación R con el cual se puede calcular, en cualquier base de datos, la retención de heterosis. La función núcleo del programa tiene las siguientes líneas de instrucción:

```
Heterosis<-function(PB1, PB2, CB){  
  pbreeds<-(mean(PB1,na.rm=T) + mean(PB2,na.rm=T))/2  
  return((mean(CB,na.rm=T)-pbreeds)/mean(CB,na.rm=T))*100)  
}
```

Donde en PB1 y PB2 se introduce los valores de la variable respuesta medida en cada una de las razas puras, y en CB se introduce los valores observados en el individuo cruzado.

## 6. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 6.1 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS

Uno de los objetivos del presente estudio fue comparar el comportamiento de variables productivas y reproductivas en animales puros de las líneas peruanas y nativa colombiana, contra el cruce dialélico 5/8P 3/8N e *inter se*. Para ello, se consideraron como variables productivas el tamaño de camada al nacimiento y los pesos al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad.

**6.1.1 Tamaño de camada al nacimiento.** Yague<sup>36</sup>, menciona que este parámetro permite definir la productividad, determinando el límite de crías por hembra y ciclo y se compone por el número de crías vivas y muertas. En primer lugar se evaluó el efecto de número de parto sobre esta variable a fin de obtener la variable ajustada, pero este efecto no tuvo un impacto significativo ( $p>0.05$ ) en la medida, por lo que se realizó el análisis sobre la variable sin ajustar. El análisis estadístico para la variable TCN, indicó que el efecto de raza no contribuyó a encontrar diferencias estadísticas significativas en los valores observados entre las razas puras y las formadas mediante los cruzamientos ( $p>0.05$ ). La media del tamaño de camada al nacimiento para las razas nativa, peruana, 3/8P5/8N y 5/8P3/8N, fue de 3.02, 3.14, 3.3, 3.4, crías / hembra / parto, respectivamente.

Salazar<sup>37</sup>, reporta tamaños de camada de 1.8 y 2.8 crías para cuyes nativos y mejorados respectivamente. Por su parte, Chauca<sup>38</sup>, en un estudio realizado sobre la realidad y perspectiva de la crianza de cuyes en los países andinos, indica un intervalo de tamaño de camada de 1.5 a 2.0 crías para el cuy nativo Colombiano.

Los valores de tamaño de camada en las razas evaluadas en este estudio muestran ser superiores a los reportados por los autores anteriormente citados. Estas diferencias pueden deberse a la adaptación de los animales al entorno y al cambio de los intereses de mejora de cada productor, además de los factores de nutrición y alimentación. Por otra parte, la selección de los animales para los diferentes cruzamientos, pudo combinar los rasgos genéticos de cada raza pura, mejorando en algunos grados, la característica de tamaño de camada de las razas sintéticas.

---

36 YAGÜE A. Avances en tecnología porcina, ISSN 1697-2015, Vol. 1, Nº. 1. 2004. p.23-24 [online]: Available from internet: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4340041>

37 SALAZAR C. Comparativo de la producción de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados en el trópico. Informe Técnico Investigaciones en Cuyes Tomo II. Lima – Perú. (2007). p. 41

38 CHAUCA L. Realidad y Perspectiva de la Crianza de Cuyes en los Países Andinos. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA – Cusco – Perú. (2008).

**6.1.2 Pesajes.** En la Tabla 2, se presentan los resultados obtenidos referentes al promedio de los pesos obtenidos en cada estadio fisiológico de los animales, discriminados por raza.

**Tabla 2. Medias y desviaciones estándar de los pesos al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad, para cada grupo racial.**

|     | RAZA        | $\bar{x} \pm sd$   | $p > 0.05$                      |
|-----|-------------|--------------------|---------------------------------|
| PN  | 3/8P 5/8N   | 129.5 $\pm$ 23.03  | 0.05                            |
|     | 5/8P 3/8N   | 141.9 $\pm$ 36.8   | 0.05                            |
|     | N           | 127.5 $\pm$ 23.8   | 0.5739                          |
|     | P           | 152.09 $\pm$ 29.7  | 0.05                            |
|     | <b>RAZA</b> | $\bar{x} \pm sd$   | <b><math>p &gt; 0.05</math></b> |
| PD  | 3/8P 5/8N   | 260.2 $\pm$ 44.2   | 0.05                            |
|     | 5/8P 3/8N   | 282.5 $\pm$ 105.2  | 0.203                           |
|     | N           | 250.7 $\pm$ 49.8   | 0.308                           |
|     | P           | 326.89 $\pm$ 67.5  | 0.05                            |
|     | <b>RAZA</b> | $\bar{x} \pm sd$   | <b><math>p &gt; 0.05</math></b> |
| P4  | 3/8P 5/8N   | 402.6 $\pm$ 75.6   | 0.05                            |
|     | 5/8P 3/8N   | 462.9 $\pm$ 145.   | 0.05                            |
|     | N           | 401.9 $\pm$ 83.6   | 0.9607                          |
|     | P           | 491.9 $\pm$ 98.4   | 0.05                            |
|     | <b>RAZA</b> | $\bar{x} \pm sd$   | <b><math>p &gt; 0.05</math></b> |
| P8  | 3/8P 5/8N   | 607.6 $\pm$ 143.6  | 0.05                            |
|     | 5/8P 3/8N   | 635.1 $\pm$ 101.8  | 0.637                           |
|     | N           | 672.2 $\pm$ 144.4  | 0.05                            |
|     | P           | 770.1 $\pm$ 152.3  | 0.05                            |
|     | <b>RAZA</b> | $\bar{x} \pm sd$   | <b><math>p &gt; 0.05</math></b> |
| P12 | 3/8P 5/8N   | 837.4 $\pm$ 182.8  | 0.05                            |
|     | 5/8P 3/8N   | 820 $\pm$ 104.4    | 0.864                           |
|     | N           | 869.6 $\pm$ 168.4  | 0.380                           |
|     | P           | 967.14 $\pm$ 223.6 | 0.05                            |
|     |             |                    |                                 |

La Tabla 2, indica que el comportamiento de los pesajes tiende a ser similar entre razas. Además el análisis para cada peso y raza mostró una alta variabilidad, lo cual se puede evidenciar en el Anexo B. Esta observación indica claramente que la variabilidad fenotípica existente en los animales es un recurso de gran valor para el desarrollo de programas de mejoramiento genético en estas poblaciones. Una evaluación genética de estos cruces permitiría establecer individuos con alto potencial genético que generación a generación logren incrementar su productividad media.

Los grupos raciales sintéticos presentaron las mayores diferencias en variabilidad de los datos. Este hecho puede deberse a las diferencias presentes en el tamaño de muestra de los grupos.

La raza con el mejor promedio de peso al nacimiento fue la peruana con  $152.0 \pm 29.7$ g, seguida de las razas sintéticas 5/8P3/8N y 3/8P5/8N y finalmente se encuentra la nativa con  $127.5 \pm 23.8$ g. Para el peso al destete y las cuatro semanas se observa la misma tendencia, donde los mejores pesos se observaron en la línea peruana y los pesos más bajos para la nativa. Sin embargo, en los pesos a las ocho y doce semanas, las razas sintéticas muestran una tendencia a desacelerar su crecimiento siendo superadas por la línea nativa y esta a su vez superada por la raza peruana. Las medias de peso a la doceava semana fueron  $967.1 \pm 223.6$ g y  $869.6 \pm 168.4$ g para las razas peruana y nativa respectivamente.

Salazar<sup>39</sup> reporta parámetros productivos de peso al nacimiento y destete de 89.4g y 193.9g para cuyes nativos y 108g y 248.6g para peruanos. En contraste, los pesos obtenidos en éste estudio fueron de  $127.5 \pm 23.8$ g y  $152.09 \pm 29.7$ g para el peso al nacimiento y  $250.7 \pm 49.8$ g y  $326.9 \pm 67.5$ g peso al destete, de las razas antes mencionadas. En cuanto a las razas sintéticas 3/8P 5/8N y 5/8P 3/8N se obtuvieron pesos de  $129.5 \pm 23.03$ g y  $141.9 \pm 36.8$ g como peso al nacimiento y  $260.2 \pm 44.2$ g y  $282.5 \pm 105.2$ g, al destete. En todos los casos, se observa que la línea peruana es superior en comparación a las demás razas, aunque los resultados de este estudio son superiores a los del autor antes mencionado, lo cual permite destacar el manejo nutricional de los animales en evaluación y la superioridad de las características productivas de los ejemplares que se tienen en la granja Botana. Esta tendencia también se observó en los pesos a las ocho semanas de  $770.1 \pm 152.3$ g,  $672.2 \pm 144.4$ g,  $635.1 \pm 101.8$ g y  $607.6 \pm 143.6$ g para cuyes peruanos, nativos, 5/8P 3/8N y 3/8P 5/8N respectivamente, mientras Barriga *et al*<sup>40</sup>, presentan un peso promedio para las líneas peruana, inti y andina de 629.8g.

Para el peso a las doce semanas, se observa la misma tendencia y el mejor peso lo obtiene la raza peruana. En la literatura, para Perú y otros países, no es posible encontrar reportes para estas semanas, dando importancia a los resultados de este estudio y destacando que todos los animales, aunque no presentan pesos comerciales a esta edad, incrementan el promedio de pesos lo cual evidencia una curva de crecimiento progresiva.

La reducción en la media de los pesos a la doceava semana para las razas sintéticas, frente a las líneas peruana y nativa pudo estar afectada por la pérdida de datos durante el trabajo de campo, ya que hubo muchos animales que no alcanzaron el ciclo productivo completo, reduciendo así el tamaño de muestra para estos grupos.

---

39SALAZAR C. Op cit. p.41

40 BARRIGA Josefina; VILLAGARAY Yolanda; MELO Oswaldo. Evaluación de parámetros reproductivos de las líneas precoces de cuy (*Cavia cobayo*): Perú, Inti y andina durante 3 pariciones, en condiciones de Sierra Sur. (s.a). p.91

Este último aspecto debe ser observado con detenimiento y evaluado con un mayor tamaño de muestra o mediante modelos no lineales, a fin de descartar la incidencia de efectos genéticos en la tendencia a reducir la velocidad de crecimiento de los animales.

## 6.2 EFECTO DE LA RAZA SOBRE LAS VARIABLES PRODUCTIVAS

El análisis de varianza, para los efectos raza, sexo, tamaño de camada y número de parto, mostraron ser significativos en las diferentes variables evaluadas y combinaciones de épocas. Un resumen de las significancias para los efectos según la variable se pueden observar en la Tabla 3.

**Tabla 3. Significancia de los efectos fijos sobre los diferentes pesos evaluados**

|            | <b>RAZA</b> | <b>SEXO</b> | <b>TCN</b> | <b>NUPA</b> |
|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| <b>PN</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.001      | 1.000       |
| <b>PD</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.010      | 0.050       |
| <b>P4</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.010      | 0.001       |
| <b>P8</b>  | 0.001       | 0.001       | 1.000      | 1.000       |
| <b>P12</b> | 0.001       | 0.001       | 1.000      | 0.050       |

TCN: Tamaño de camada al nacimiento

NUPA: Número de parto

1.000 = Valores  $P > 0.5$ , Efecto no significativo

0.05 =  $0.01 < \text{Valores } P \leq 0.05$ , Efecto significativo

0.01 =  $0.001 < \text{Valores } P < 0.01$ , efecto altamente significativo

0.001 = efecto extremadamente significativo

El modelo evaluado incluyó los efectos de la raza, el sexo, el tamaño de camada y el número de parto y se observó su relación con cada una de los pesos, dada la importancia que tienen sobre la productividad de la especie. Estos efectos se evidenciaron de alta, media o baja importancia según la etapa de desarrollo de cada individuo.

En consecuencia, los datos de la Tabla 3 indican que el efecto de la raza es siempre significativo para todos los pesos, en el efecto del sexo se identificó diferencias significativas para la octava y doceava semana de edad. El tamaño de camada, por su parte, es significativo en las primeras semanas de estadio de vida del animal, y puede asociarse a la habilidad que tiene la madre para alimentar a cada cría cuando estos nacen en grupos grandes o pequeños. Para el efecto del número de parto, la significancia se observa en el peso al destete, cuatro y doce semanas, lo cual evidencia la habilidad materna. Estos resultados coinciden con

los reportados por Burgos *et al*<sup>41</sup>, quienes mencionan que los pesos de los cuyes en los primeros tres meses de vida, están influenciados por los efectos tamaño de camada de donde provienen y del número de parto de la madre.

### 6.3 CONTRASTES ORTOGONALES

Dado que el interés de este estudio fue evaluar el efecto de la composición racial sobre las variables productivas, luego de ajustar las variables respuesta por los efectos fijos, se observaron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) para el efecto raza en los diferentes pesos (Tabla 3). Para identificar los mejores grupos raciales, se realizaron comparaciones por medio de contrastes ortogonales.

Para el primer contraste ortogonal (Todos vs Nativo) se encontraron diferencias estadísticas significativas ( $p < 0.05$ ) en todos los pesos evaluados, a excepción del peso a las ocho semanas (P8). Los mejores pesos corresponden a la raza peruana frente a las otras tres razas, con pesos promedios de  $152.09 \pm 29.7g$  (PN),  $326.89 \pm 67.5g$  (PD),  $491.9 \pm 98.4g$  (P4),  $770.1 \pm 152.3g$  (P8) y  $967.14 \pm 223.6g$  (P12). En algunos casos los menores pesos se atribuyen a la raza nativa, como se observa en el peso al nacimiento (PN) con  $127.5 \pm 23.8g$ , peso al destete (PD) de  $250.79 \pm 49.8g$  y peso a las cuatro semanas (P4) de  $401.9 \pm 83.6g$ , sin embargo es importante resaltar que al llegar a la octava y doceava semana, la raza nativa supera los pesos de las dos razas sintéticas, obteniendo pesos de  $672.2 \pm 144.4g$  (P8) y  $967.14 \pm 223.6g$  (P12).

En consecuencia, al contrastar la raza peruana con las dos cruzadas (contraste 2), se observa la misma tendencia; los individuos de las razas sintéticas presentan menores pesos. Sin embargo, es importante resaltar que la raza 5/8P3/8N presenta promedios similares a la peruana, excepto en la doceava semana, en la cual, la raza cruzada reduce su velocidad de crecimiento alcanzando únicamente  $820 \pm 104.4g$ .

Finalmente, el tercer contraste (entre razas sintéticas) permitió establecer que los promedios de pesos son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ) para PN y P4, y no significativos ( $p > 0.05$ ) en los demás edades. Dentro de las razas sintéticas, la proporción racial 5/8P3/8N presentó los mejores promedios con pesos de  $141.9 \pm 36.8g$  (PN),  $282.5 \pm 105.2g$  (PD),  $462.9 \pm 145.4g$ , (P4),  $635.1 \pm 101.8g$  (P8) y  $820 \pm 104.4g$  (P12). Esta superioridad puede deberse a la expresión de los genes transmitidos por la raza Perú, la cual se destaca por su mejor desempeño productivo debido al trabajo de selección y mejoramiento a la cual ha sido sometida desde hace algunas décadas. Por su parte, la baja productividad de la raza nativa posiblemente afecta el desempeño de los animales con proporción racial mayoritaria nativa, ya que esta ha sido subestimada sin ningún tipo de

41 BURGOS W., SOLARTE P., CERÓN M. Efecto del Tamaño de Camada y Número de Partos en el Crecimiento de Cuyes (*Cavia porcellus Rodentia: caviidae*). Revista Lasallista de Investigación. Vol. 7 No. 2. (2010). p.47-55.

selección, logrando adaptarse al entorno y no a aprovechar su desempeño productivo.

#### 6.4 EVALUACIÓN DE RETENCIÓN DE HETEROSIS

Parte importante de esta evaluación, fue observar el comportamiento de la retención de heterosis o vigor híbrido en las razas sintéticas, partiendo de sus parentales primarios. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Porcentaje de retención de heterosis para las razas sintéticas.**

| RAZAS           | PN    | PD    | P4    | P8     | P12    |
|-----------------|-------|-------|-------|--------|--------|
| <b>3/8P5/8N</b> | -7.35 | -9.92 | -9.91 | -15.75 | -8.82  |
| <b>5/8P3/8N</b> | 1.54  | -2.21 | 3.58  | -11.93 | -10.71 |

Los valores expresados en la tabla 4, indican una retención negativa para casi todas las edades en las dos razas sintéticas. Sin embargo, los porcentajes de 1.54 y 3.58 para los pesos al nacimiento y a las cuatro semanas respectivamente para la proporción 5/8P3/8N, se deben resaltar por ser estos los únicos valores positivos y que indican, un buen desempeño de la raza sintética al superar el promedio teórico esperado por la habilidad combinatoria de las razas puras.

Los resultados negativos de retención de heterosis observados en esta investigación, no deben considerarse como valores de bajo desempeño. De acuerdo con la literatura, la retención de heterosis va disminuyendo a medida que se va progresando en el sistema de cruzamientos. Al respecto López<sup>42</sup> menciona que la primera generación (F1) expresa en máximo vigor híbrido como individuo y en la crianza de la F2 su máximo vigor maternal. En los apareamientos subsiguientes entre si y al azar quedará retenido del 50 al 70% del vigor híbrido original obtenido en la F1.

Por otra parte Muscari *et al*<sup>43</sup>, en una evaluación sobre el efecto de heterosis como producto del cruzamiento de tres líneas de cuyes (Perú, Inti y Andina), evidenció que no hay heterosis positiva para el peso individual al nacimiento y en los pesos al destete, cuatro y ocho semanas de edad se presenta una retención de 6, 22 y 11%, respectivamente. Es importante resaltar que los animales cruzados en la evaluación del autor, fueron de primera generación (F1) y por consiguiente expresan la retención esperada, contrario a lo sucedido en este estudio, donde se evaluó la retención de heterosis en una proporción de cuarta generación (F4), en la cual ya se ha perdido gran proporción de esta.

42 LÓPEZ D. La formación de Razas Compuestas. Sumario Ganadero. Sitio Argentino de Producción Animal. Vol. 3 No. 3. 2000. p. 74-77

43 MUSCARI J., HIGAONNA L., CHAUCA L. Heterosis obtenida mediante el cruzamiento de tres líneas de cuyes (*Cavia porcellus*). Investigaciones en cuyes. Informe Técnico Tomo II. Estación Experimental Agropecuaria La Molina. Lima. 2008. p. 19

Por último, los valores de retención de heterosis son mayores en la raza sintética con mayor proporción de peruano. A lo largo de los resultados encontrados en este estudio, el comportamiento productivo de la raza peruana es mayor que el resto de las líneas, y por tanto se confirma que al considerar esta línea para cruzamientos, las variables productivas de individuos cruzados reflejarán su alta productividad.

## 6.5 EVALUACIÓN DE LAS VARIABLES REPRODUCTIVAS

Las variables reproductivas evaluadas fueron el intervalo entre partos (IEP), porcentaje de fertilidad y natalidad.

**6.5.1 Intervalo entre partos.** Carrión<sup>44</sup>, manifiesta que el intervalo entre partos representa una de las medidas más precisas y prácticas para evaluar la eficiencia reproductiva. La media para ésta variable se encontró en un rango que va de los 68 días para la raza 5/8P3/8N hasta los 81 días para la raza Nativa. Las razas 5/8N3/8P y peruana presentaron un intervalo entre partos de 71 y 76 días respectivamente, esto se evidencia en la Tabla 5.

**Tabla 5. Análisis de la variable intervalo entre partos (IEP) para cada raza.**

| RAZA      | $\bar{x} \pm sd$ | $p > 0.05$ |
|-----------|------------------|------------|
| 3/8P 5/8N | 71 $\pm$ 16.4    | 0.404      |
| 5/8P 3/8N | 68 $\pm$ 2.8     |            |
| N         | 81 $\pm$ 9.5     |            |
| P         | 76 $\pm$ 15.2    |            |

En un estudio realizado durante el Proyecto de Animales Menores del Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria, sobre el intervalo entre partos de cuyes, Muscari *et al*<sup>45</sup>, reportaron intervalos de 66 días como mínimo y 136 días máximo; dichos resultados son mayores a los reportados aquí.

Sin embargo, el intervalo entre partos obtenido para las poblaciones evaluadas en este estudio son similares al obtenido por Tuquinga<sup>46</sup>, quien reportó un intervalo entre partos de 67 días en especie. El manejo reproductivo en la población evaluada contribuyó a encontrar IEP cortos, pues el macho estuvo permanente

44 CARRIÓN Alexis; COLMENARES Omar; HERRERA Pablo; BIRBE Beatriz; MARTÍNEZ Nelson. Factores que afectan el intervalo entre partos en un rebaño cebuino en condiciones de sabanas bien drenadas. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2. (2012). p.449.

45MUSCARI J., CHAUCA L., HIGAONNA R. El Intervalo entre Partos en Cuyes (*Cavia porcellus*). Trabajos Presentados en la Reunión Anual de la Asociación Peruana de producción Animal. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Perú. (2006)

46 TUQUINGA F. Evaluación de diferentes niveles de desecho de quinua en la etapa de crecimiento y engorde de cuyes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador. 2011. p.13

con las hembras, antes y después del parto. Así, se tomó ventaja de la presencia del celo post-parto y por ende una preñez más rápida. Dentro de las razas, se puede destacar que al incorporar el componente genético peruano mediante cruzamientos, se mejora la eficiencia reproductiva de las hembras nativas. El cruce muestra esta tendencia.

**6.5.2 Fertilidad y natalidad.** Los resultados de fertilidad y natalidad, para cada raza se indican en la Tabla 6.

**Tabla 6. Porcentaje de fertilidad y natalidad estimado en las razas evaluadas.**

| Razas     | %<br>Fertilidad | %<br>Natalidad |
|-----------|-----------------|----------------|
| Nativo    | 69.25           | 165            |
| Peruano   | 55.43           | 168.26         |
| 5/8P 3/8N | 80              | 220            |
| 5/8N 3/8P | 52.92           | 124.43         |

**6.5.2.1 Porcentaje de fertilidad.** Los porcentajes de fertilidad obtenidos en esta investigación fueron bajos en comparación con los mencionados por Gallejos y Choque<sup>47</sup> y Raymondi<sup>48</sup>, quienes presentan valores de 95, 87 y 98% respectivamente, para las diferentes de líneas en esta especie. De hecho, los autores antes mencionados reportan que los mejores promedios de fertilidad son para la raza Perú con 95% y la Andina con 98%.

El valor de 80% encontrado para la raza 5/8P 3/8N puede estar sobrestimado, puesto que el tamaño de muestra para este grupo no es similar al de las demás líneas. Adicionalmente, los registros reproductivos para este cruce sólo contaron con dos partos. Burgos *et al*<sup>49</sup>, evaluaron el comportamiento productivo de cuyes hembras y destacan que durante los primeros partos las hembras presentan un buen desempeño productivo y reproductivo aunque desciende con el tercer y cuarto parto.

**6.5.2.2 Porcentaje de natalidad.** La natalidad hace referencia a la posibilidad que tiene una especie para producir descendencia y subsistir como especie. Según Foschiatti<sup>50</sup>, representa la cantidad de nacimientos ocurridos en una

47GALLEJOS A., CHOQUE J. Análisis Técnico y Económico de una Explotación Familiar de Cuyes (*Cavia cobayo*) en el Distrito de Tournavista – Huánuco. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Rev. Investigación y Amazonia. Vol. 1 No. 1 (2011). p. 1-6.

48 Raymondi J. Op cit. p.19-21

49 Burgos W., Solarte P., Cerón M. Op cit. p. 47-55

población. Su valoración enseña el comportamiento reproductivo de las diferentes especies con el fin de verificar su crecimiento poblacional.

Los resultados de esta investigación muestran porcentajes altos para todas las razas, superando el ciento por ciento base, lo cual indica que la especie estuvo en continuo crecimiento poblacional, el ciclo reproductivo fue constante y por lo tanto los animales llegaban a su edad de madurez sexual y continuaron en el proceso, siendo padres. Sin embargo, esta apreciación debe ser analizada con precaución, ya que este ensayo se realizó en una población experimental, la cual se formó de un pequeño grupo de individuos y que estuvo en constante crecimiento. Por lo tanto, es importante realizar una evaluación de esta variable en una población madura y estable, en términos de censo efectivo.

Adicionalmente, estudios realizados en cuyes y que hacen referencia a estimaciones de natalidad, describen cantidades de individuos en toda la población, más no como una variable reproductiva para evaluar a las hembras y la raza específicamente, impidiendo hacer una discusión en contraste con los resultados obtenidos en este estudio.

Finalmente, las variables reproductivas analizadas en este estudio están afectadas por una gran cantidad de factores ambientales, entre los que se puede destacar el componente nutricional, la sanidad y el manejo por los operarios durante el ensayo. Aunque los resultados obtenidos pueden ser usados como referencia para otros estudios. Es importante establecer estos criterios reproductivos en explotaciones tradicionales y comerciales a fin de realizar comparaciones más apropiadas sobre los aspectos reproductivos.

## **7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 CONCLUSIONES**

La inclusión de un programa de cruzamientos y selección en los planteles cuyícolas, son una opción, para mejorar las características productivas y reproductivas de los animales, con el fin de incrementar las ganancias del productor.

La formación de razas sintéticas, permite evaluar la capacidad que tienen los animales padres, para transmitir sus características productivas y reproductivas a sus descendientes, a través de sus respectivos cruzamientos y selección.

La raza que presenta los mejores promedios, en las variables evaluadas, es la raza peruana, debido posiblemente a efectos previos de selección.

Los cuyes nativos expresan un bajo desempeño productivo en las primeras semanas de edad, sin embargo al finalizar las etapas productivas es posible evidenciar la capacidad de desarrollo y adaptación de esta raza, obteniendo resultados similares a la segunda raza parental (peruana).

Aunque la tendencia de la retención de heterosis fue negativa en las razas sintéticas, a lo largo del estudio se observó que el promedio productivo y reproductivo de estas, mantiene un promedio similar a la raza peruana, lo cual indica que el cruzamiento con esta raza fue efectivo.

### **7.2 RECOMENDACIONES**

Para futuras evaluaciones en esta área, se recomienda obtener mayor cantidad de población a lo largo del tiempo, con el fin de realizar estudios donde se pueda valorar la relación del parentesco y determinar otros componentes genéticos.

Se recomienda continuar con el esquema de cruzamientos realizados en este estudio, evaluando las proporciones raciales intermedias hasta llegar a la proporción de octavos, como la F1, F2 y F3, con el fin de reconocer el desempeño de estas, respecto a las razas ya evaluadas.

Orientar a los planteles cuyícolas hacia la implementación de apareamientos con la raza peruana, permitiendo aumentar las características productivas de otras como la nativa.

Para lograr mejores resultados de mejoramiento genético, se recomienda disponer de un plantel ajustado a los objetivos de estudio, con el fin de llevar a cabo un control total sobre los animales y obtener información pertinente.

Para la evaluación reproductiva en cuyes, se recomienda tener en cuenta otras variables que se han utilizado en otras especies multíparas como el número de gazapos durante la vida productiva de la hembra u otros análogos a los establecidos en otras especies multíparas como los cerdos.

## BIBLIOGRAFÍA

AUGUSTÍN A., CHAUCA L., MUSCARI G. y ZALDÍVAR. Diferentes niveles de proteína en la ración y su efecto en el crecimiento de cuyes en su primera recría (1-4 semanas). VII Reunión científica anual de la Asociación Peruana de Producción Animal (APPA). Lima-Perú. 1984.

BARRIGA Josefina; VILLAGARAY Yolanda; MELO Oswaldo. Evaluación de parámetros reproductivos de las líneas precoces de cuy (*Cavia cobayo*): Perú, Inti y andina durante 3 pariciones, en condiciones de Sierra Sur. (s.a). p.91

BARRERA H. SALDAÑA, Fundamentos y casos exitosos de la biotecnología moderna. 2007. p. 131

BUCHANAN D., NORTHCUTT S. The genetic principles of crossbreeding. Beef Cattle Handbook. Product of Extension Beef cattle Resource Committee. (s.a) p. 1.

BURGOS William. Estudio de la diversidad genética de tres líneas de cuyes *Cavia porcellus* (*Rodentia: Caviidae*) mediante el marcador molecular RAPD. Universidad de Nariño. 2007. p. 78.

BURGOS W., SOLARTE P., CERÓN M. Efecto del Tamaño de Camada y Número de Partos en el Crecimiento de Cuyes (*Cavia porcellus* *Rodentia: caviidae*). Revista Lasallista de Investigación. Vol. 7 No. 2. (2010). p.47-55.

CAICEDO, Alberto. Experiencias investigativas en la producción de cuyes. Universidad de Nariño. 1999. p. 506.

CARDELINO R. y RAVIRA J. Mejoramiento Genético Animal. Hemisferio Sur. 1987. p.253.

CARRIÓN Alexis; COLMENARES Omar; HERRERA Pablo; BIRBE Beatriz; MARTÍNEZ Nelson. Factores que afectan el intervalo entre partos en un rebaño cebuino en condiciones de sabanas bien drenadas. Revista Científica Vol. XII-Suplemento 2. (2012). p.449.

CHAUCA, L. Producción de cuyes *Cavia porcellus*. Estudio FAO producción y sanidad animal. 1997. [Online] Available from internet: <<http://www.fao.org/docrep/W6562s/w6562s00.HTM>>

CHAUCA L., MUSCARI J., VEGA LL., HIGAONNA R. Formación de una Línea Sintética de Cuyes. Instituto Nacional de Investigación y extensión Agraria – La Molina. Piura-Perú. (2004).

CHAUCA L. Realidad y Perspectiva de la Crianza de Cuyes en los Países Andinos. XX Reunión ALPA, XXX Reunión APPA – Cusco – Perú. (2008).

FOSCHIATTI Ana. La natalidad y la fecundidad. 2010. [online] Available from internet: <<http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/Geo13/archivos/natali.pdf>>

GALLEJOS A., CHOQUE J. Análisis técnico y económico de una explotación familiar de cuyes (*cavia cobayo*) en el distrito de Tournavista – Huánuco. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Revista Investigación y Amazonia. Vol. 1 No. 1 (2011). p.1-6.

GOBERNACIÓN DE NARIÑO-SECRETARIA DE AGRICULTURA Y MEDIO AMBIENTE, Consolidado agropecuario 2008. Pasto. 2009.

HENDERSON C. Estimation of Variance and Covariance Components. Biometrics. Vol. 9, No. 2. 1953. p. 226-252.

LEÓN A. Sistemas de cruzamiento para la producción de ganado tropical. Manual de Ganadería Doble Propósito. Universidad Centroccidental “Lisandro Alvarado”. México. 2005. p.114

LÓPEZ D. La formación de Razas Compuestas. Sumario Ganadero. Sitio Argentino de Producción Animal. Vol. 3 No. 3. 2000. p. 74-77

MUSCARI J., HIGAONNA L., CHAUCA L. Heterosis obtenida mediante el cruzamiento de tres líneas de cuyes (*Cavia porcellus*). Investigaciones en cuyes. Informe Técnico Tomo II. Estación Experimental Agropecuaria La Molina. Lima. 2008. p. 19

MUSCARI J., CHAUCA L., HIGAONNA R. El Intervalo entre Partos en Cuyes (*Cavia porcellus*). Trabajos Presentados en la Reunión Anual de la Asociación Peruana de producción Animal. Instituto Nacional de Investigación y Extensión Agraria. Perú. (2006)

NCBI (National Center for Biotechnology Information) a través del Genbank. [Online] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=10141>

ORTEGÓN M., MORALES F. El Cuy. Universidad de Nariño, Facultad de Zootecnia. Pasto, Colombia. 1987. p. 295.

PANTOJA R., EDISSON G., BOLAÑOS Z. y EDWIN G. Diagnóstico estratégico de mercadeo para la cadena cuyícola en el municipio de pasto. Universidad de Nariño. 2010.

R Core Team. Project for Statistical Computing. Version 3.1.1. 2014.

RAYMONDI J. Potencial Genético en Cuyes. Programa Nacional de Investigación en Animales Menores. 2007. p 19-21

SALAZAR C. Comparativo de la producción de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados en el trópico. Informe Técnico Investigaciones en Cuyes Tomo II. Lima – Perú. (2007). p. 41

SANDERS J. Formación de razas sintéticas y retención de heterosis. Asociación Braford. Argentina 1989. [online] Available from internet: <www.produccion-animal.com.ar>

SEARLE S., CASELLA G. & McCULLOCH CH. Variance Componentes. Published by Jhon Wiley & Sons, Inc., Hoboken. New Jersey. 2006. p. 13,112,181,223.

SIERRA A. El concepto de raza: evolución y realidad. Archivos de Zootecnia 50. 2001. p. 547-564.

SOLARTE C., CÁRDENA., ROSERO C., BURGOS W. Caracterización molecular de tres líneas de *Cavia porcellus* mediante la aplicación de AFLP. Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias vol.20. N°1 2007. p. 49-58

SOLARTE Carlos y VITERI Luis. Índice de selección, prueba de progenie, y prueba de comportamiento en cuyes. Revista de Zootecnia. Vol. 4, No. 7 2001. p. 36

SOLARTE Carlos; SOTO Fernando y PÉREZ T. Modelo Animal Multicarácter para la selección de reproductores *Cavia porcellus* en Colombia. Revista Cubana de Ciencias Agrícolas. Vol. 36, No. 1 2002. p. 25

TABOADA C. eLos cruzamientos y las razas sintéticas cebuinas en las regiones marginales. Sitio Argentino de Producción Animal. Argentina. 1985. p.269-277.

TUQUINGA F. Evaluación de Diferentes Niveles de Desecho de Quinua en la Etapa de Crecimiento y Engorde de Cuyes. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Facultad de Ciencias Pecuarias. Riobamba – Ecuador. 2011. p.13

YAGÜE A. Avances en tecnología porcina, ISSN 1697-2015, Vol. 1, N°. 1. 2004. p.23-24) [online]: Available from internet: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4340041>>

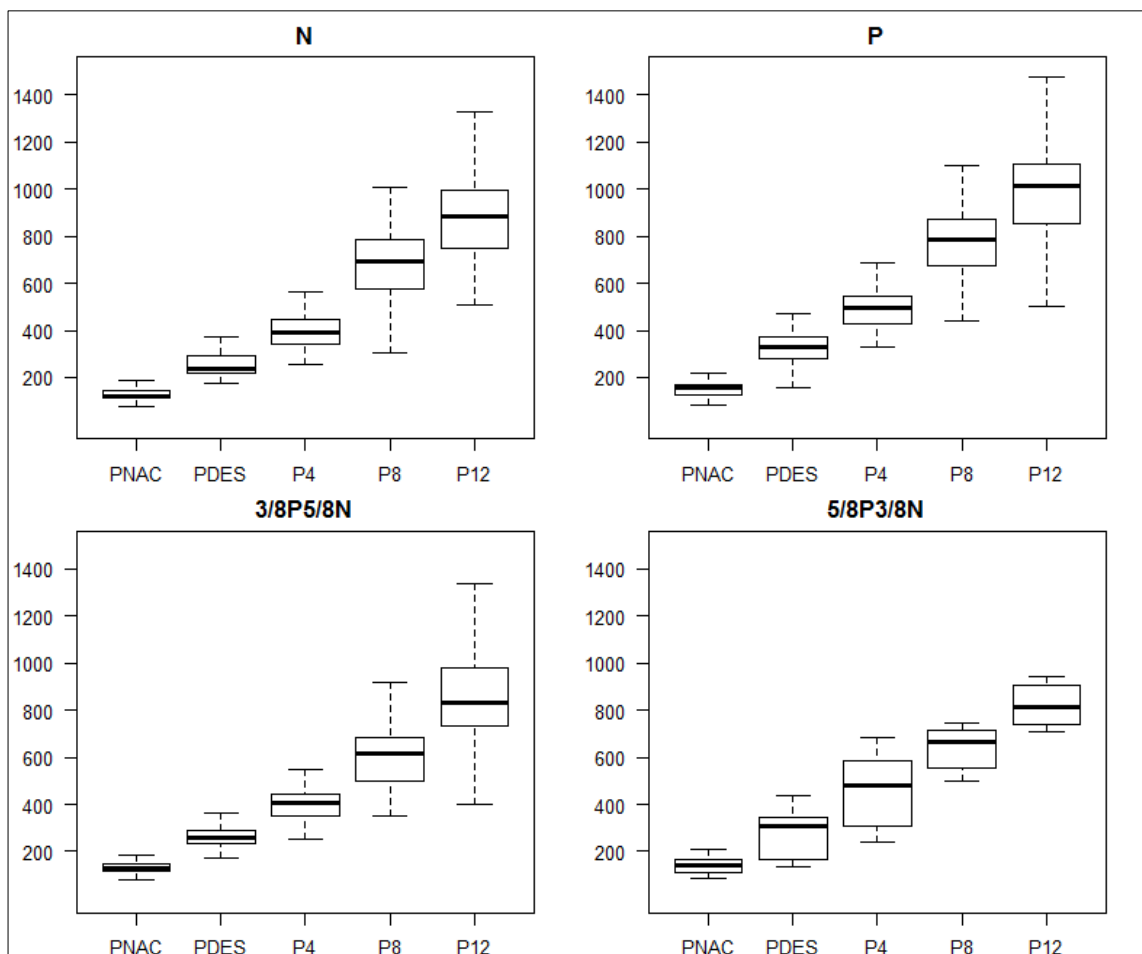
ZÚÑIGA H; *et al.* Revisión taxonómica de las especies del genero *Cavia* (*Rodentia: Caviidae*) en Colombia. Acta Zoológica Mexicana. N° 87. 2002. p.111-123.

# ANEXOS

**Anexo A. Análisis de varianza para la variable Tamaño de Camada al Nacimiento para cada raza.**

| <b>RAZA</b>      | <b><math>\bar{x} \pm sd</math></b> | <b><math>p &gt; 0.05</math></b> |
|------------------|------------------------------------|---------------------------------|
| <b>3/8P 5/8N</b> | $3.3 \pm 0.84$                     | 0.689                           |
| <b>5/8P 3/8N</b> | $3.4 \pm 0.91$                     |                                 |
| <b>N</b>         | $3.02 \pm 0.94$                    |                                 |
| <b>P</b>         | $3.14 \pm 0.78$                    |                                 |

**Anexo B. Gráfico de caja de las variables productivas, peso al nacimiento, destete, cuatro, ocho y doce semanas de edad.**



## Anexo C. Programación y salidas de “R”

### MEDIAS Y DESVIACIONES ESTANDAR

> out.pesos

|                 | <b>PNAC</b> | <b>PDES</b> | <b>P4</b> | <b>P8</b> | <b>P12</b> |
|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| <b>3/8P5/8N</b> | 129.5243    | 260.1786    | 402.6338  | 607.6066  | 837.3696   |
| <b>5/8P3/8N</b> | 141.9545    | 282.4615    | 462.9286  | 635.1429  | 820.0000   |
| <b>N</b>        | 127.5043    | 250.7975    | 401.8974  | 672.2267  | 869.6250   |
| <b>P</b>        | 152.0924    | 326.8925    | 491.9398  | 770.1000  | 967.1410   |

> out.sd

|                 | <b>PNAC</b> | <b>PDES</b> | <b>P4</b> | <b>P8</b> | <b>P12</b> |
|-----------------|-------------|-------------|-----------|-----------|------------|
| <b>3/8P5/8N</b> | 23.03529    | 44.17303    | 75.67038  | 143.6358  | 182.8022   |
| <b>5/8P3/8N</b> | 36.80641    | 105.37442   | 145.44545 | 101.8044  | 104.4254   |
| <b>N</b>        | 23.76451    | 49.83804    | 83.62526  | 144.4359  | 168.3969   |
| <b>P</b>        | 29.65593    | 67.52253    | 98.43536  | 152.2518  | 223.6359   |

### MODELACION DE EFECTOS SEXO, TCN Y NUPAR

> pvals de los efectos en las diferentes edades.

|            | <b>RAZA</b>  | <b>SEXO</b>  | <b>TCN</b>   | <b>NUPA</b>  |
|------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>PN</b>  | 1.326760e-14 | 9.004303e-01 | 3.745231e-12 | 8.132128e-02 |
| <b>PD</b>  | 1.235441e-17 | 5.492277e-01 | 1.785487e-03 | 3.180977e-02 |
| <b>P4</b>  | 4.606531e-12 | 1.419829e-01 | 4.807406e-03 | 1.544142e-06 |
| <b>P8</b>  | 7.313495e-10 | 6.267999e-06 | 2.933566e-01 | 1.374330e-01 |
| <b>P12</b> | 2.526749e-04 | 6.387533e-08 | 1.090614e-01 | 2.789280e-02 |

### RESUMEN TABLA P-VALUES

> Significancia de los pvals

|            | <b>RAZA</b> | <b>SEXO</b> | <b>TCN</b> | <b>NUPA</b> |
|------------|-------------|-------------|------------|-------------|
| <b>PN</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.001      | 1.000       |
| <b>PD</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.010      | 0.050       |
| <b>P4</b>  | 0.001       | 1.000       | 0.010      | 0.001       |
| <b>P8</b>  | 0.001       | 0.001       | 1.000      | 1.000       |
| <b>P12</b> | 0.001       | 0.001       | 1.000      | 0.050       |

## ANALISIS DE VARIANZA LUEGO DE AJUSTAR EL MODELO POR SEXO, TCN Y NUPAR DONDE EL EFECTO FUE LA RAZA

### PESO AL NACIMIENTO (PN)

Call:

Aov (formula = m1\$residuals ~ as.factor(base\$RA[ind]))

Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -81.421 | -14.553 | -0.347 | 16.367 | 67.461 |

Coefficients:

|                                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|----------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                      | -5.705   | 2.393      | -2.384  | 0.0177 *     |
| as.factor(base\$RA[ind])5/8P3/8N | 11.903   | 5.705      | 2.087   | 0.0376 *     |
| as.factor(base\$RA[ind])N        | -3.083   | 3.282      | -0.939  | 0.3481       |
| as.factor(base\$RA[ind])P        | 18.138   | 3.269      | 5.549   | 5.61e-08 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 24.29 on 357 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1306, Adjusted R-squared: 0.1233

F-statistic: 17.87 on 3 and 357 DF, p-value: 7.906e-11

### PESO AL DESTETE (PD)

Call:

aov(formula = m1\$residuals ~ as.factor(base\$RA[ind]))

Residuals:

| Min      | 1Q      | Median | 3Q     | Max     |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| -152.640 | -35.432 | -4.604 | 35.368 | 150.149 |

Coefficients:

|                                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|----------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                      | -12.482  | 6.179      | -2.020  | 0.0444 *     |
| as.factor(base\$RA[ind])5/8P3/8N | 27.283   | 16.878     | 1.617   | 0.1072       |
| as.factor(base\$RA[ind])N        | -12.987  | 8.875      | -1.463  | 0.1446       |
| as.factor(base\$RA[ind])P        | 43.322   | 8.524      | 5.082   | 7.05e-07 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 56.63 on 265 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1548, Adjusted R-squared: 0.1452

F-statistic: 16.18 on 3 and 265 DF, p-value: 1.099e-09

### **PESO A LAS CUATRO SEMANAS (P4)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min      | 1Q      | Median | 3Q     | Max     |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| -303.862 | -53.056 | 0.388  | 47.896 | 219.457 |

Coefficients:

|                                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|----------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                      | -22.271  | 9.865      | -2.258  | 0.02486 *    |
| as.factor(base\$RA[ind])5/8P3/8N | 66.521   | 24.307     | 2.737   | 0.00667 **   |
| as.factor(base\$RA[ind])N        | -5.953   | 13.634     | -0.437  | 0.66277      |
| as.factor(base\$RA[ind])P        | 60.381   | 13.437     | 4.494   | 1.09e-05 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 83.12 on 242 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1279, Adjusted R-squared: 0.1171

F-statistic: 11.83 on 3 and 242 DF, p-value: 2.926e-07

### **PESO A LAS OCHO SEMANAS (P8)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min     | 1Q     | Median | 3Q    | Max    |
|---------|--------|--------|-------|--------|
| -431.80 | -83.73 | -1.42  | 96.13 | 358.32 |

Coefficients:

|                                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|----------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                      | -68.51   | 17.54      | -3.907  | 0.000125 *** |
| as.factor(base\$RA[ind])5/8P3/8N | 35.11    | 54.66      | 0.642   | 0.521376     |
| as.factor(base\$RA[ind])N        | 70.31    | 23.62      | 2.977   | 0.003235 **  |
| as.factor(base\$RA[ind])P        | 121.99   | 23.28      | 5.239   | 3.78e-07 *** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 137 on 219 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1129, Adjusted R-squared: 0.1008

F-statistic: 9.295 on 3 and 219 DF, p-value: 8.226e-06

## PESO A LAS DOCE SEMANAS (P12)

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -439.80 | -105.68 | 5.83   | 113.97 | 552.94 |

Coefficients:

|                                  | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|----------------------------------|----------|------------|---------|------------|
| (Intercept)                      | -42.10   | 25.39      | -1.658  | 0.09894 .  |
| as.factor(base\$RA[ind])5/8P3/8N | 13.40    | 89.78      | 0.149   | 0.88147    |
| as.factor(base\$RA[ind])N        | 16.58    | 32.51      | 0.510   | 0.61071    |
| as.factor(base\$RA[ind])P        | 91.96    | 32.02      | 2.872   | 0.00453 ** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 172.2 on 196 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.05304, Adjusted R-squared: 0.03855

F-statistic: 3.659 on 3 and 196 DF, p-value: 0.01341

## ANALISIS DE VARIANZA CON CONTRASTES PARA LA RAZA

### PESO AL NACIMIENTO (PN)

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -81.421 | -14.553 | -0.347 | 16.367 | 67.461 |

Coefficients:

|                                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|---------------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                           | 1.0344   | 1.6306     | 0.634   | 0.5263       |
| as.factor(base\$RA[ind])TodosvsNativo | 3.7995   | 0.7555     | 5.029   | 7.83e-07 *** |
| as.factor(base\$RA[ind])PvsRazas      | -3.0116  | 1.2100     | -2.489  | 0.0133 *     |
| as.factor(base\$RA[ind])R1vsR2        | -5.9517  | 2.8523     | -2.087  | 0.0376 *     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 24.29 on 357 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1306, Adjusted R-squared: 0.1233  
F-statistic: 17.87 on 3 and 357 DF, p-value: 7.906e-11

### **PESO AL DESTETE (PD)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min      | 1Q      | Median | 3Q     | Max     |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| -152.640 | -35.432 | -4.604 | 35.368 | 150.149 |

Coefficients:

|                                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|---------------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                           | 1.922    | 4.743      | 0.405   | 0.6856       |
| as.factor(base\$RA[ind])TodosvsNativo | 9.639    | 2.101      | 4.587   | 6.93e-06 *** |
| as.factor(base\$RA[ind])PvsRazas      | -8.876   | 3.525      | -2.518  | 0.0124 *     |
| as.factor(base\$RA[ind])R1vsR2        | -13.641  | 8.439      | -1.617  | 0.1072       |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 56.63 on 265 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1548, Adjusted R-squared: 0.1452  
F-statistic: 16.18 on 3 and 265 DF, p-value: 1.099e-09

### **PESO A LAS CUATRO SEMANAS (P4)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min      | 1Q      | Median | 3Q     | Max     |
|----------|---------|--------|--------|---------|
| -303.862 | -53.056 | 0.388  | 47.896 | 219.457 |

Coefficients:

|                                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )   |
|---------------------------------------|----------|------------|---------|------------|
| (Intercept)                           | 7.967    | 6.904      | 1.154   | 0.24968    |
| as.factor(base\$RA[ind])TodosvsNativo | 10.048   | 3.150      | 3.190   | 0.00161 ** |
| as.factor(base\$RA[ind])PvsRazas      | -13.071  | 5.124      | -2.551  | 0.01136 *  |
| as.factor(base\$RA[ind])R1vsR2        | -33.260  | 12.154     | -2.737  | 0.00667 ** |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 83.12 on 242 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1279, Adjusted R-squared: 0.1171

F-statistic: 11.83 on 3 and 242 DF, p-value: 2.926e-07

### **PESO A LAS OCHO SEMANAS (P8)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min     | 1Q     | Median | 3Q    | Max    |
|---------|--------|--------|-------|--------|
| -431.80 | -83.73 | -1.42  | 96.13 | 358.32 |

Coefficients:

|                                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t )     |
|---------------------------------------|----------|------------|---------|--------------|
| (Intercept)                           | -11.661  | 14.732     | -0.792  | 0.429491     |
| as.factor(base\$RA[ind])TodosvsNativo | 21.713   | 6.095      | 3.563   | 0.000451 *** |
| as.factor(base\$RA[ind])PvsRazas      | 17.587   | 10.526     | 1.671   | 0.096180 .   |
| as.factor(base\$RA[ind])R1vsR2        | -17.553  | 27.331     | -0.642  | 0.521376     |

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 137 on 219 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1129, Adjusted R-squared: 0.1008

F-statistic: 9.295 on 3 and 219 DF, p-value: 8.226e-06

### **PESO A LAS DOCE SEMANAS (P12)**

Call:

```
aov(formula = m1$residuals ~ as.factor(base$RA[ind]))
```

Residuals:

| Min     | 1Q      | Median | 3Q     | Max    |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| -439.80 | -105.68 | 5.83   | 113.97 | 552.94 |

Coefficients:

|                                       | Estimate | Std. Error | t value | Pr(> t ) |
|---------------------------------------|----------|------------|---------|----------|
| (Intercept)                           | -11.614  | 23.522     | -0.494  | 0.6220   |
| as.factor(base\$RA[ind])TodosvsNativo | 20.491   | 9.088      | 2.255   | 0.0253 * |
| as.factor(base\$RA[ind])PvsRazas      | 3.291    | 16.421     | 0.200   | 0.8414   |
| as.factor(base\$RA[ind])R1vsR2        | -6.702   | 44.889     | -0.149  | 0.8815   |

---

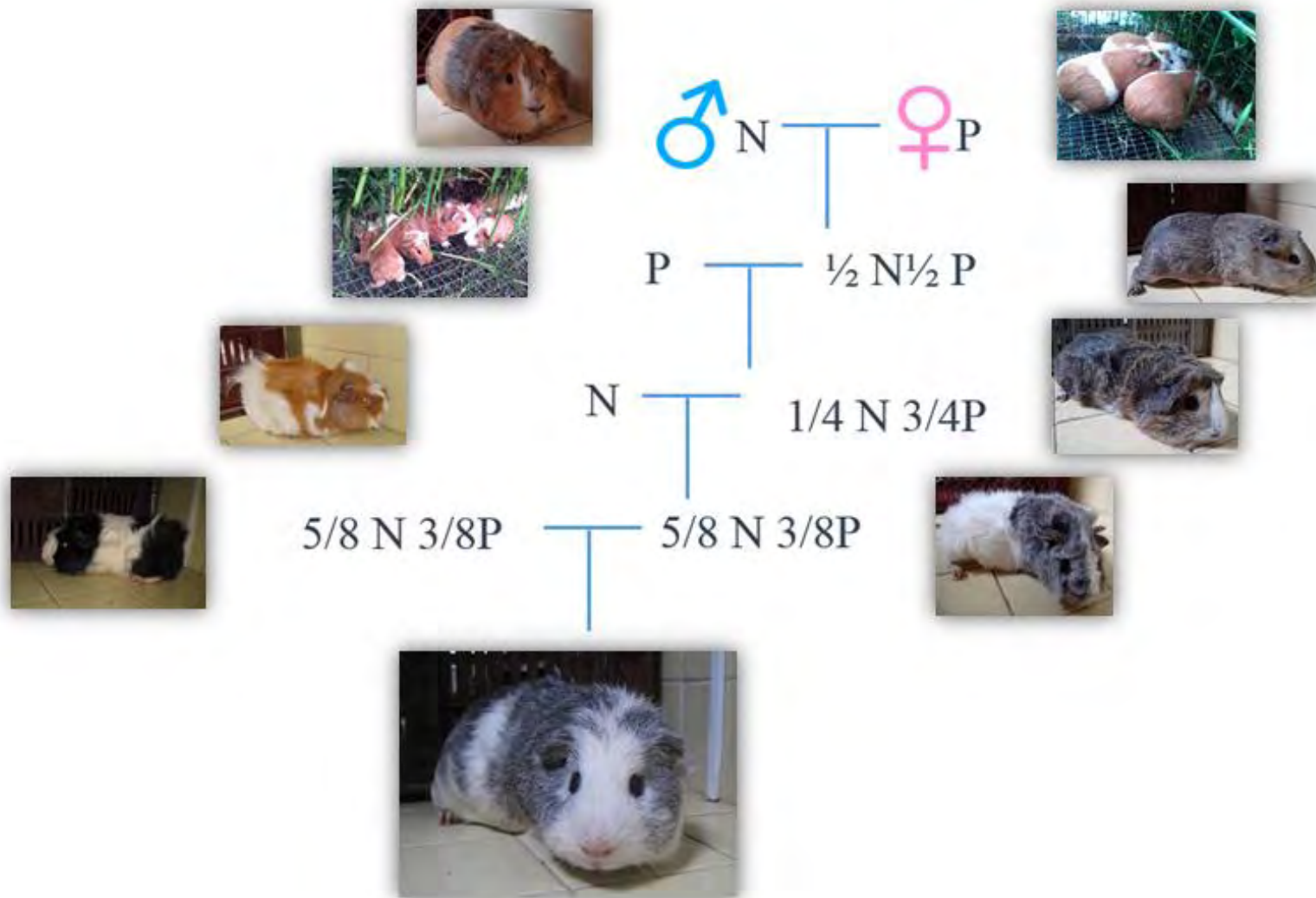
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 172.2 on 196 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.05304, Adjusted R-squared: 0.03855

F-statistic: 3.659 on 3 and 196 DF, p-value: 0.01341

Anexo D. Registro fotográfico de animales de raza sintética.



## Anexo E. Registro fotográfico de trabajo en campo.

### Instalaciones



## Pesajes



## Identificación de animales



## Organización



## Limpieza y desinfección

