

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**



**“ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS FENOTÍPICOS Y GENÉTICOS  
PARA MEDIDAS DE CARCASA EN CUYES (*Cavia porcellus*) DEL  
GENOTIPO CIENEGUILLA”**

**Presentada por:**

**PABLO GIOVANNY RUBIO ARIAS**

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

**Lima - Perú**

**2018**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA  
LA MOLINA**

**ESCUELA DE POSGRADO  
DOCTORADO EN CIENCIA ANIMAL**

**“ESTIMACIÓN DE PARÁMETROS FENOTÍPICOS Y GENÉTICOS  
PARA MEDIDAS DE CARCASA EN CUYES (*Cavia porcellus*) DEL  
GENOTIPO CIENEGUILLA”**

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE DOCTOR  
*Doctoris Philosophiae***

**Presentada por:**

**PABLO GIOVANNY RUBIO ARIAS**

**Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:**

Ph.D. Mariano Echevarría Rojas

**PRESIDENTE**

Ph.D. Juan Chávez Cossío

**PATROCINADOR**

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso

**MIEMBRO**

Ph.D. Víctor Guevara Carrasco

**MIEBRO**

Dra. Marcia Marisol Paredes Peralta

**MIEMBRO EXTERNO**

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres.**

Aunque físicamente ya no estén presentes, su legado de honradez, humildad y sencillez siempre, me acompañan cada día; la perseverancia que ustedes demostraron para sortear los avatares de la vida ha sido ejemplo a seguir para toda la familia.

Si bien por perseguir un sueño, la distancia nos separó sin darnos tiempo para decirnos adiós, hoy quiero dedicarles el fruto de este “*sueño*”, el cual en todo momento ustedes me supieron brindar su apoyo y confiaron en mí.

### **A mis hijos y esposa**

Por ser la razón de mi vida, gracias por su paciencia y apoyo en esta dura y gratificante etapa de mi vida, mil disculpas por el tiempo de ausencia, gracias por creer en mí.

Pablo

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Juan Chávez Cossío, por su apoyo en todo momento, por ser la luz en mis tiempos de oscuridad, a los Doctores: Víctor Guevara, Gustavo Gutiérrez, Mariano Echeverría, Alberto Menéndez, Atilio Aranguren, por su apoyo y dedicación.

A la escuela de Posgrado de La Universidad Nacional Agraria la Molina, por generar estos programas de formación profesional.

Agradezco a mis hermanos de aulas Hugo, Ronald, Herbert, Manuel y René, quienes en todo momento fueron apoyo moral para perseguir y culminar este sueño, gracias al personal de la granja de cuyes Cieneguilla.

Gracias a todos ustedes por su apoyo.

Pablo.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE TABLAS .....	9
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CUY .....	3
2.1.1 Características morfológicas del cuy.....	3
2.1.2 Características productivas y reproductivas .....	4
2.2 PRINCIPALES LÍNEAS Y RAZAS DE CUYES .....	5
2.3 LA ZOMETRÍA.....	7
2.4 VOLUMETRÍA DE CARCASA.....	8
2.6 PARÁMETROS GENÉTICOS .....	10
2.6.1 Heredabilidad .....	10
2.6.2 Repetibilidad .....	11
2.6.3 Correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales .....	12
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1 LUGAR DE ESTUDIO .....	14
3.2 DE LOS ANIMALES .....	14
3.3 DE LA ALIMENTACIÓN .....	15
3.4 DEL MANEJO .....	15
3.5 DE LA SANIDAD.....	16
3.6 DEL BENEFICIO.....	16
3.7 NÚMERO DE ANIMALES EVALUADOS Y MEDIDAS TOMADAS.....	17
3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	19
3.8.1 Primera Fase: Identificación de medidas de mayor relevancia.....	19
3.8.2 Segunda fase: Estimación de los parámetros genéticos .....	21
3.9 DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL. ....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
4.1 MEDIDAS CORPORALES DE MAYOR VALOR PREDICTIVO DEL PESO DE CARCASA.....	25
4.1.1 Biometría corporal antes y después del beneficio.....	25
4.1.2 Modelo predictivo <i>Step-Wise Regresion</i> .....	26
4.1.3 Correlaciones entre las medidas zoométricas.....	27
4.2.1 Parámetros genéticos de los cuyes genotipo Cieneguilla en función del modelo predictor del peso vivo, a 30, 60 y 90±7 días de edad .....	30

4.2.2	Parámetros genéticos de los cuyes genotipo Cieneguilla en función del modelo predictor del peso de carcasa, a los $90\pm 7$ días de edad .....	32
4.2	<b>CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LOS CUYES DEL GENOTIPO CIENEGUILLA EN FUNCIÓN DE LAS MEDIDAS CORPORALES DEL MODELO PREDICTOR A LA EDAD DE BENEFICIO .....</b>	<b>33</b>
4.2.1	Del peso vivo al beneficio (90 días).....	35
4.2.2	Del peso de la carcasa a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla .....	35
4.2.3	Del perímetro torácico a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla .....	36
4.2.4	Del largo de lomo a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla .....	36
4.2.5	Del ancho de cabeza a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla .....	37
V.	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>38</b>
VI.	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>39</b>
VII.	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>
VIII.	<b>ANEXOS .....</b>	<b>46</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Razas y líneas de cuyes existentes en el Perú.....	6
Cuadro 2: Composición de la carcasa de cuy (porcentaje del peso total).....	8
Cuadro 3: Medidas zoométricas, fundamentos anatómicos e instrumentos utilizados en el cuy genotipo Cieneguilla.....	15
Cuadro 4: Insumos de la dieta utilizada en la granja.....	18

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Medidas biométricas del cuy.....	19
--	----



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas, antes y después del beneficio (16±2 semanas de edad), en cuyes genotipo “Cieneguilla” (n=150 animales)....	25
Tabla 2: Resumen de selección Step-Wise (SAS, 2008).....	26
Tabla 3: Estimadores de parámetros de las medidas de mayor valor predictivo.....	26
Tabla 4: Coeficientes de correlación fenotípica ( $r_f$ ) entre las medidas biométricas y el peso de carcasa de cuyes del genotipo Cieneguilla al momento del beneficio.....	29
Tabla 5: Heredabilidad (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) fenotípicas (arriba de la diagonal) y correlaciones genéticas (debajo de la diagonal).....	30
Tabla 6: Heredabilidad (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) fenotípicas (arriba a la diagonal) y correlaciones genéticas (debajo de la diagonal) de las medidas de la carcasa a los 90±7 días .....	33
Tabla 7: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas del modelo predictor, después del beneficio (90±7 días de edad), en cuyes machos genotipo “Cieneguilla” (n=349animales) .....	34
Tabla 8: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas del modelo predictor, a la edad de beneficio (90±7 días de edad), en cuyes hembras genotipo “Cieneguilla” (n=335animales) .....	34
Tabla 9: Peso a los 90 días (g) de cuyes según el sexo .....	35

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: análisis de varianza de los modelos predictores del peso de carcasa y de la sentencia del PROC MIXED, en el calculo de correlaciones genéticas y fenotípicas .....	46
ANEXO 2: Preparación del alojamiento y medidas anatómicas de los cuyes, en la granja Cieneguilla para el desarrollo del trabajo .....	47
ANEXO 3: Análisis Estadístico Medias ajustadas del peso a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año, tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla .....	49
ANEXO 4: Medias ajustadas del ancho de la cabeza a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla .....	50
ANEXO 5: Medias ajustadas del largo del lomo a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla.....	51
ANEXO 6: Medias ajustadas del largo del perímetro torácico a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla.....	52
ANEXO 7: Media ajustadas para: ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al momento del beneficio, discriminados por año, tamaño de camada en cuyes de la variedad Cieneguilla.....	53
ANEXO 8: Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres. ....	54
ANEXO 9: Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para: Ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al beneficio en cuyes de la variedad Cieneguilla.....	55

## RESUMEN

El objetivo del estudio fue estimar los parámetros fenotípicos y genéticos para medidas de carcasa en cuyes (*Cavia porcellus*) del genotipo Cieneguilla, para su desarrollo se dividió el trabajo en dos fases: en la primera, se determinaron las medidas de mayor relevancia en la estimación del peso de carcasa, tomando como referencia las siguientes medidas biométricas, antes y después del beneficio, de 150 cuyes machos: peso vivo al beneficio (PV), largo de cuerpo (LC), largo de cabeza (LCA), ancho de cabeza (AC), largo de lomo (LL), ancho de lomo (AL), perímetro torácico (PT), perímetro de muslo (PM), largo de muslo (LM), perímetro de brazuelo (PB), largo de brazuelo (LB) y cuadrado medio de la grupa (CMG), así como el peso de carcasa (PC). Los datos fueron analizados para determinar la mejor ecuación de regresión y establecer el mejor modelo lineal predictivo del peso de carcasa. Se utilizó el proceso *Step-Wise Regression* del paquete estadístico SAS. Las combinaciones de variables independientes en el modelo revelaron que PV, PT, AC y LL dan una mejor explicación del PC a la edad de beneficio ( $R^2=0.71$ ; Cp-Mallows=1.63). En la segunda fase, con la finalidad de estimar los parámetros genéticos para las medidas del modelo predictor, se evaluaron 684 crías (335 hembras y 349 machos), descendientes de 22 padres y 330 madres primerizas de 60 días, (15 hembras por macho) en empadre continuo. A las crías les fueron tomados los pesos corporales (PV), en 3 diferentes periodos: 30 días de edad (PV<sub>30</sub>); 60 días de edad (PV<sub>60</sub>) y 90 días de edad (PV<sub>90</sub>); al mismo tiempo, se tomaron medidas de: AC, PT y LL, contando con un total de 3 mediciones -en el tiempo- para cada variable. Luego del beneficio, se registraron estas mismas medidas más el PC; para luego, a través de un análisis fraterno de medios hermanos, se estimaron los siguientes valores de las heredabilidad para de las medidas y pesos antes del beneficio (90±7 días): PV<sub>90</sub>=0.47±0.03, AC<sub>v</sub>=0.68±0.10, LL<sub>v</sub>=0.44±0.07 y PT<sub>v</sub>=0.13±0.03; y, después del beneficio: PC<sub>90</sub>=0.38±0.09, AC<sub>b</sub>=0.52±0.10, LL<sub>b</sub>=0.12±0.06 y PT<sub>b</sub>=0.26±0.08. Los parámetros genéticos obtenidos indican heredabilidades altas, a excepción del perímetro de tórax, cuya heredabilidad es baja, pero que llegó a conformar el modelo predictor, el genotipo Cieneguilla, demuestra buena conformación cárnica, siendo los machos más grandes y pesados que las hembras.

**Palabras claves:** zoometría, parámetros genéticos, cuyes, mejoramiento, carcasa

## SUMMARY

The objective of the study was to estimate the phenotypic and genetic parameters for carcass measurements in guinea pigs (*Cavia porcellus*) of the Cieneguilla genotype, for its development the work was divided into two phases: in the first, the most relevant measures in the estimation were determined of carcass weight, taking as reference the following biometric measurements, before and after the benefit, of 150 male guinea pigs: live weight to benefit (PV), body length (LC), head length (LCA), head width (AC), loin length (LL), loin width (AL), thoracic perimeter (PT), thigh circumference (PM), thigh length (LM), shoulder circumference (PB), shoulder length (LB) and average square of the rump (CMG), as well as the carcass weight (PC). The data were analyzed to determine the best regression equation and to establish the best predictive linear model of carcass weight. The Step-Wise Regression process of the SAS statistical package was used. Combinations of independent variables in the model revealed that PV, PT, AC and LL give a better explanation of CP at the benefit age ( $R^2 = 0.71$ , Cp-Mallows = 1.63). In the second phase, in order to estimate the genetic parameters for the measures of the predictor model, 684 pups were evaluated (335 females and 349 males), descendants of 22 parents and 330 new mothers of 60 days, (15 females per male) in continuous breeding. The body weights were taken (PB) in 3 different periods: 30 days of age (PV<sub>30</sub>); 60 days of age (PV<sub>60</sub>) and 90 days of age (PV<sub>90</sub>); At the same time, measurements were taken of: AC, PT and LL, with a total of 3 measurements -in time- for each variable. After the benefit, these same measures were recorded plus the PC; for later, through a fraternal analysis of half-sibs, the following heritability values were estimated for the measures and weights before the benefit ( $90 \pm 7$  days):  $PV_{90} = 0.47 \pm 0.03$ ,  $AC_v = 0.68 \pm 0.10$ ,  $LL_v = 0.44 \pm 0.07$  and  $PT_v = 0.13 \pm 0.03$ ; and, after the benefit:  $PC_{90} = 0.38 \pm 0.09$ ,  $AC_b = 0.52 \pm 0.10$ ,  $LL_b = 0.12 \pm 0.06$  and  $PT_b = 0.26 \pm 0.08$ . The genetic parameters obtained indicate high heritabilities, with the exception of the chest perimeter, whose heritability is low, but which came to conform the predictor model, the Cieneguilla genotype, demonstrates good meat conformation, with males being larger and heavier than females.

**Keywords:** zoometry, genetic parameters, guinea pigs, breeding, carcass weight

## I. INTRODUCCIÓN

El cuy (*Cavia porcellus*) es un mamífero roedor muy arraigado a la cultura de los pueblos indígenas de los Andes (Perú, Bolivia, Ecuador y Colombia). Por su adaptabilidad, a diversas condiciones climáticas, se le encuentra tanto en zonas costeras –cálidas- como en de la serranía andina –frías- (Chauca, 1997). Su carne es fuente alimenticia y económica de las poblaciones humanas asentadas en tales zonas, desde hace por lo menos 2500 a 3000 años (Aliaga *et al.*, 2009; Avilés *et al.*, 2014).

La crianza, que en sus inicios fue familiar y rudimentaria, con escasos objetivos económicos, es en la actualidad, fuente económica significativa para algunos hogares rurales, que con ella dinamizan sus finanzas; siendo las mujeres y los niños quienes más se vinculan con esta actividad (Archetti, 1984).

El mercado -a corto, mediano y largo plazo- es muy prometedor para este tipo de carne, de excelentes propiedades organolépticas. Sin embargo, su desarrollo, tecnificación, crianza y mejora genética, se han mantenido rezagados, comparado con otras especies de interés zootécnico como porcinos, bovinos y aves; respaldados por industrias pecuarias que mantienen monopolios y por ende fuertes recursos económicos para investigación y desarrollo genético, comparando con el cuy cuyo 90 por ciento poblacional está bajo crianza familiar (Moreno, 1994; citado por Ordoñez, 2003).

Es imprescindible mejorar la eficiencia productiva y reproductiva del cuy, promoviendo el desarrollo e implementación de herramientas y planes de mejora genética, que permitan la selección de animales con alto mérito genético, en términos de mayor ganancia en volumetría cárnica y precocidad, reduciendo los costos de producción y generando beneficios, tanto al productor como al consumidor.

La zoometría o biometría es una herramienta útil para la selección de los animales, que ha sido usada a lo largo de la historia, porque permite: i) caracterizar la apariencia fenotípica; ii) analizar formas para reconocer fenotipos; iii) determinar la velocidad de crecimiento y

ganancia de peso del animal; y, iv) permite la elaboración de perfiles (Kuhl y Burghardt, 2013), sustentados en medidas lineales corporales de los animales y la correlación entre éstas; pudiéndoseles clasificar por rendimiento, basándose en índices predictivos y ponderativos a través de ecuaciones y modelos matemáticos que permiten el cálculo de los valores máximos de crecimiento, por medio de los cuales se puede determinar la edad óptima de beneficio (Abraham *et al.*, 1980; Burgos *et al.*, 2010; Schindler *et al.*, 2007).

En el presente trabajo, con el fin de contribuir al desarrollo cárnico del cuy del genotipo Cieneguilla, se planteó como objetivo general, el identificar medidas zoométricas relevantes para la selección de animales con fines de mejora genética cárnica. Teniendo como objetivos específicos: i) identificar las medidas zoométricas de mayor relevancia en la predicción del peso de la carcasa; y, ii) estimar los parámetros fenotípicos y genéticos de las medidas zoométricas de mayor relevancia. Valores que contribuirán además a la caracterización del genotipo Cieneguilla.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL CUY

#### 2.1.1 Características morfológicas del cuy

Definida la morfología como el estudio de las características externas de los animales, ésta permite distinguirlos entre sí y su asociación con aptitudes productivas (Caravaca *et al.*, 2003). Al respecto, los cuyes son pequeños roedores, monogástricos y herbívoros cuyo aspecto general es redondeado, con cuerpo largo, en relación con sus patas que son cortas, al igual que su cola de tan solo un par de vértebras (Sánchez, 2002).

El tamaño de los cuyes es variable, dependiendo de su tipo (*mejorado o "criollo"*), pudiendo medir entre 20 y 25 centímetros de longitud, alcanzando pesos entre 0.5 y 1.5 kg a los 90 días, aproximadamente (Chauca, 1997; Vanderlip, 2003); siendo los machos los que logran mayor crecimiento, comparados con las hembras (Stephen *et al.*, 2010).

La cabeza tiene forma cónica y es grande, con relación al resto del cuerpo, alcanzando aproximadamente la cuarta parte de su tamaño, con orejas grandes y caídas (Aliaga *et al.*, 2009). Su cuello, grueso, musculoso y bien insertado al cuerpo, cuenta con una base ósea compuesta por siete vertebras, de las cuales la Atlas y Axis están bien desarrolladas. Asimismo el tronco, de forma cilíndrica, está conformado por trece vértebras dorsales que sujetan dos costillas que se articulan con el esternón, siendo las tres últimas flotantes. El abdomen, sostenido por siete vértebras lumbares, es de gran volumen y capacidad; y, el sacro está formada por cuatro vertebras y presenta de cinco a seis vértebras coccígeas (Aliaga *et al.*, 2009).

Chauca (1992) citado por Guillen *et al.* (2015) manifiesta que por su morfología corporal los cuyes se clasifican en tipos: "A" y "B". El A presenta conformación carnicera por su mayor longitud, profundidad y ancho; expresando por un mayor porcentaje de desarrollo muscular fijado a una buena base ósea. El tipo B, tiene forma angulosa, poca profundidad

corporal, escaso desarrollo muscular, cabeza en forma triangular y alargada, y temperamento nervioso. También se les clasifica por la forma del pelo y su inserción al cuerpo, en: liso, arrosado, largo y ensortijado de lactantes -erizado de adultos-. Algunas características citadas han servido de base para la conformación de razas y líneas en cuyes (Chauca, 1997).

### **2.1.2 Características productivas y reproductivas**

Se considera al cuy un animal altamente precoz y prolífico, herbívoro no competitivo con otros monogástricos, rústico, de fácil adaptación a diferentes ecosistemas (Chauca, 1997). El inicio de su vida reproductiva es a temprana edad (25 a 60 días), mostrando los machos una producción continua de espermatozoides; y, las hembras ciclos estrales que duran entre 15 a 17 días, con presencia de celo posparto, que es una característica importante de esta especie, que es aprovechada en los empadres continuos (Solorzano, 2014).

Chauca (1997) manifiesta que el peso es determinante para el empadre, indica 600 gramos para las hembras y 1000 gramos o más para los machos; los cuales garantizan, en la hembra un buen desarrollo de su aparato reproductor, y en el macho el dominio de las hembras en el proceso de cópula (Aliaga *et al.*, 2009). A lo citado, Caravaca *et al.*, (2003) ratifica la importancia del peso en función de la madurez sexual, indicando que el óptimo para empezar la vida reproductiva en las hembras es el 60 por ciento de su peso adulto.

En todos los sistemas de producción animal es conveniente que las nuevas reproductoras se inicien a una edad temprana -nueve semanas en el caso de los cuyes-. El apareamiento debe ser posterior a la pubertad, pudiéndose acortar hasta la semana octava, si la hembra recibe una dieta balanceada adecuada (Jiménez y Huamán, 2010).

Las hembras que inician su vida reproductiva con mayor peso tienen mejor respuesta al parto, en tamaño y peso de la camada (Chauca, 1997). Sin embargo, el empadrear hembras, con edades superiores a los cuatro meses, representa futuras complicaciones con distocias de partos ya que la articulación ilio-sacra-pelviana está soldada, lo que se refleja en mortalidad de madres y por ende en crías.

El macho por lo general alcanza el 60 por ciento del peso vivo a los cuatro meses (1.1 kg aproximadamente), su peso de inicio reproductivo es superior al de las hembras (Jiménez y Huamán, 2010). Esto le permite tener dominio sobre el grupo y así mantener una relación



de empadre de 1 :7 ; alcanzando, al mes del empadre, pesos superiores a 1,4 kg, continuando su desarrollo hasta el año de edad (Chauca, 1997).

## 2.2 PRINCIPALES LÍNEAS Y RAZAS DE CUYES

El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) del Perú, es el ente gubernamental que mayor trascendencia ha tenido, en el desarrollo del cuy como animal de carne, seguido por el aporte de prestigiosas universidades e investigadores particulares, que han desarrollado cuyes de variada configuración genotípica (Cuadro 1). Entre las principales razas y líneas de cuyes desarrollados por estos centros se tienen:

- a. Perú. - Raza de orientación cárnica, desarrollada por el INIA y lanzada en el 2004, con características de alta precocidad y prolificidad e índices de conversión de hasta 3.81 a las ocho semanas, peso comercial de 1.0 kilogramo, a los 90 días; y, pesos superiores a 2.6 Kg a los ocho meses, , 2.8 crías por parto, y pelo corto y lacio bien adherido a su estructura corporal. Los colores que presenta van desde tonalidades de alazán completo o combinados con blanco (Zaldívar *et al.*, 1991; Chauca *et al.*,1992; Chauca *et al.*, 2005);
- b. Andina. - Raza desarrollada por el INIA y lanzada en el 2005, , con forma anatómica ligeramente alargada; muestran crecimiento lento, pero producen mayor número de crías por parto (prolificidad), llegando hasta 3.9 como promedio; posee pelaje preferentemente blanco, liso y corto. Se adapta muy bien a condiciones de costa, sierra y selva alta, desde el nivel del mar hasta los 3,500 msnm (Chauca *et al.*, 1992; Chauca *et al.*, 2005);
- c. Inti. - Raza desarrollada por el INIA y lanzada oficialmente el año 2014, con base en selección por precocidad, corregida por prolificidad. Se caracteriza por orientación al doble propósito (carne y prolificidad), predominando el color bayo con blanco –en algunos casos con remolino en la cabeza-, el pelo liso pegado al cuerpo y los ojos negros. Es rústica y adaptable a zonas de la serranía (*altura*) (Chauca, 1997; Chávez, 2016). (
- d. Cieneguilla. - Genotipo desarrollado por la Universidad Agraria la Molina; se caracteriza por su rusticidad y velocidad de crecimiento, es consecuencia de una

- aparente heterosis generada por la cruce de cuyes de diversa procedencia (Sarria, 2011);
- e. Yauris. - El desarrollo de esta línea comercial fue realizado por la Universidad Nacional del Centro del Perú (UNCP), desde el año 1974, gracias al Programa de Investigación en Cuyes de dicha universidad, liderado por el Ing. Luis Aliaga Rodríguez; el objetivo fue la mejora en tamaño de camada y peso de saca (Chávez, 2018, comunicación personal);
  - f. Huancayo. - Este genotipo fue desarrollado por el Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM), se caracteriza por su prolificidad, precocidad, producción cárnica, y buena habilidad materna.
  - g. Cuy “G”. - Desarrollado en el 2007 también por el IVITA-UNMSM, se sustenta en el cruce de cuatro líneas genéticas; la línea paterna con buena conversión alimenticia (*abuelos*) y la línea materna con buenas características reproductivas y maternales (*abuelas*) (Jiménez y Huamán, 2010);
  - h. Wanka. - Raza derivada del apareamiento consanguíneo de líneas coloradas y bayas, seleccionadas por tamaño de camada y peso vivo; fue creada también por la UNCP en el año 1984. Sus características fenotípicas corporales son: cabeza corta, cuello musculoso y ancho, el cuerpo de forma rectangular y paralelepípedo, pecho amplio y fuerte, abdomen voluminoso con una línea superior curva, las extremidades anteriores son más cortas que las posteriores, de temperamento tranquilo (Aliaga *et al.*, 2009);
  - i. Inka. - Línea creada en el año 2005 por la Estación Experimental Baños del Inca del INIA en Cajamarca, adaptada a las condiciones climáticas del departamento de Cajamarca (Perú); su pelaje es de color alazán, combinado con blanco y presenta rosetas (Aliaga *et al.*, 2009).

**Cuadro 1: Razas y líneas de cuyes existentes en el Perú**

Razas y líneas de cuy existentes en el Perú	
Raza	Línea
Perú	Cieneguilla
Inti	Yauris
Andina	Huancayo
Wanka	Cuy “G”
	Inka

FUENTE: Aliaga *et al.*, 2009

### 2.3 LA ZOMETRÍA

La zoometría es la disciplina que estudia la conformación de los animales mediante mediciones corporales, con fines de caracterización etnológica, productiva o de crecimiento; las mismas que pueden tomarse en cualquiera de las cuatro regiones del cuerpo: cabeza, cuello, tronco y extremidades (Parés, 2009; Aliaga, 2006, citado por Canqui y Antezana, 2008). Desde sus comienzos, la zootecnia -como ciencia y técnica de la cría, mejora y explotación de los animales- se ha valido de la zoometría, para la estimación de la performance de los animales (Sañudo, 2010; Parés, 2009).

Las medidas zoométricas y las variables morfo estructurales de carácter cuantitativo son también usadas para establecer el grado de homogeneidad existente en un grupo racial, recurriéndose a características como alzada a la cruz, diversas medidas de longitud, perímetro torácico, alzada a la grupa, perímetro de las cañas, entre otras (Parés, 2009); las íntegramente cuantitativas continuas, que complementan las descripciones morfoestructurales de una especie (Herrera y Luque, 2009), son normalmente las alzadas o alturas, diámetros (longitudinales y transversales), perímetros y pesos (Caravaca *et al.*, 2003).

Además, son una vía alternativa para la selección de animales, en base a su mérito genético, en programas de mejora; con la finalidad de incrementar la productividad, mediante la determinación precisa de las relaciones entre medidas de diferentes partes corporales, para juzgar la armonía y proporcionalidad del conjunto, en términos de musculatura, profundidad, altura, longitud, aplomos y peso. Estas estimaciones permiten también caracterizar poblaciones de animales en diferentes biotipos (Parés, 2009; Owens, 1995).

Una de las inquietudes que tiene el productor de carne y el investigador es el conocimiento *a priori* de las características de la canal a partir de mediciones en el animal vivo. Ciertas técnicas instrumentales, efectuadas en el animal en vivo, que estimen las características de la canal con precisión, permiten al ganadero tomar la decisión del momento óptimo de sacrificio de los animales, para obtener el mayor valor comercial de las canales, las mismas que deben tener gran cantidad de tejido muscular, mínima de tejido óseo y características de deposición de grasa ideal, que se acople a las exigencias del mercado (Herrera y Luque, 2009; Leal Dos Santos *et al.*, 2001).

## 2.4 VOLUMETRÍA DE CARCASA

Es el estudio de la carcasa de los animales, en base a sus medidas volumétricas luego del beneficio. Para este fin, se establecen criterios para evaluar objetivamente los caracteres de interés por medio de medidas zoométricas, y luego se evalúa cada una de ellas como predictor del peso o rendimiento de la carcasa, a través de la estimación de correlaciones. Permite estimar rendimientos en términos de masa muscular (carne), ya sea de manera transversal (una sola medición) o longitudinal (varias mediciones en el tiempo). La adopción de metodologías y mediciones estandarizadas permite la comparación entre grupos de animales, en los ámbitos local, regional, nacional e internacional (Herrera y Luque, 2009).

Las medidas zoométricas tienen relación directa con el genotipo del animal, e indirecta con su condición fisiológica y con los factores ambientales en que se encuentran; como la alimentación (Blanco, 1979), la estación, el número de parto y el sexo del animal (Rodríguez et al., 2015). Al respecto, las medidas de longitud de cuerpo, perímetro torácico, longitud de tórax, longitud de la pierna y longitud de oreja se expresan diferencialmente entre sexos ( $p < 0.05$ ); determinándose que las hembras muestran menor desarrollo físico que los machos (Cuadro 2) (Egena, 2010).

**Cuadro 2: Diferencias morfológicas entre cuyes machos y hembras**

Rasgo	Machos	Hembra	Significancia * ( $P < 0.05$ )
	$\bar{x} \pm DS$	$\bar{X} \pm DS$	
Peso corporal (g)	454.00 $\pm$ 14.69	436.67 $\pm$ 6.52	*
Largo cuerpo (cm)	25.73 $\pm$ 0.30	24.67 $\pm$ 0.17	*
Perímetro tórax (cm)	17.20 $\pm$ 0.19	16.53 $\pm$ 0.19	*
Longitud tórax (cm)	5.44 $\pm$ 0.14	5.27 $\pm$ 0.07	*
Longitud pierna (cm)	2.53 $\pm$ 0.03	2.53 $\pm$ 0.02	ns
Longitud oreja (cm)	2.60 $\pm$ 0.05	2.36 $\pm$ 0.05	*

FUENTE: Egena (2010)

Sin embargo, Yumisaca (2015) al estudiar, en Riobamba-Ecuador, el crecimiento alométrico de cuyes mejorados, a los ciento ochenta días de edad (24 semanas), encuentra una longitud de cuerpo de 27.68 y 28.08 cm, para machos y hembras, respectivamente; siendo las hembras más largas de cuerpo que los machos; pero el perímetro torácico fue similar entre ambos, de 21.82 cm tanto para machos como hembras, no existiendo diferencias significativas.

Las distintas partes de todo ser vivo están recíprocamente relacionadas en los procesos de su desarrollo y de funcionamiento, constituyéndose en un sistema dinámico en equilibrio. Cualquier alteración de un elemento importante de este sistema suele ser seguido de alteraciones, hasta cierto punto compensatorias, de los restantes elementos. El hecho de que dos caracteres estén correlacionados no siempre debe interpretarse en el sentido de que un carácter «influya» sobre el otro, ya que la mayoría de las veces, ambos varían por la acción de un cierto número de causas comunes (Bolívar, 1952; citado por Blanco, 1979).

A medida que el animal crece acumula proteína grasa y hueso (Owens, *et al.*, 1995), modificando con ello sus proporciones corporales. Este hecho es de gran interés, ya que la intensidad de estos cambios varía en las distintas razas y ecotipos, según los diferentes propósitos y orientaciones con los que se aprovechan. Los cambios en las proporciones corporales se deben al crecimiento holostérico en diferentes segmentos anatómicos y de acuerdo con la partición de nutrientes, según la demanda del organismo; lo que determina la conformación del animal y su apariencia fenotípica (Hammond, 1966).

El proceso de crecimiento y desarrollo corporal se puede dividir en dos etapas, una pre-natal y otra post-natal; en la primera, el animal depende del aporte nutritivo directo de la madre en el vientre materno; mientras que posterior al parto, el animal - especialmente en las primeras etapas de su crecimiento- es consecuencia, en primera instancia, de la habilidad materna. Luego, su desarrollo es condicionado por la genética, disposición de alimento y status sanitario, acrecentándose hasta alcanzar la madurez. Algunos procesos como la elongación ósea se detienen, mientras que otros, como la deposición muscular, disminuyen su velocidad (Hammond, 1966).

En general, los órganos vitales, usados para el mantenimiento de la vida, son los primeros en desarrollarse, en tanto que los destinados a la producción: grasa, músculo, glándula mamaria, entre otras, son más tardíos en su crecimiento. En cuyes el crecimiento se detiene aproximadamente a la semana dieciséis de vida, momento en que se cierran los cartílagos epifisarios de los huesos largos la fijación de proteína disminuye y los animales maduros empiezan acumular grasa (Guillén *et al.*, 2015).

## 2.6 PARÁMETROS GENÉTICOS

El mejoramiento genético de las poblaciones animales es un pilar cardinal en el incremento progresivo de su productividad, este opera incrementando la frecuencia deseable de genes (Ossa *et al.*, 2008).

Los caracteres productivos, en cuyes y demás especies animales, son por lo general poligénicos. Su mejoramiento genético se logra al cambiar -vía la selección artificial y apareamientos dirigidos- la estructura genética de su población, ya sea para uno o varios caracteres; con el fin de incrementar el beneficio económico que de ella se obtiene, fundamentalmente en respuesta a un interés del mercado; para lo cual, se requiere un amplio cuerpo de información, que incluya los datos del animal y la identificación de sus parientes. La generación permanente de esta información permitirá identificar a los animales sobresalientes, o de mérito genético superior, capaces de producir eficientemente y de transmitir su potencial a las futuras generaciones (Buxadé, 1995).

En el referido proceso, la estimación de los parámetros genéticos es de mucha utilidad, ya que se constituyen en herramientas para la obtención de respuestas directas y correlacionadas de la selección, elaboración de índices de selección, y predicción de los valores genéticos de los animales (De Lira *et al.*, 2008). Además, facilitan la valoración de los ancestros de un plantel reproductivo y la estimación del avance del programa de mejoramiento genético aplicado.

### 2.6.1 Heredabilidad

La heredabilidad es el parámetro genético de mayor importancia para lograr el mejoramiento de un carácter cuantitativo a través del tiempo mediante procesos de selección aplicada a los animales que conforman una determinada población; asimismo, determina la estrategia de mejoramiento a ser usada (Cardellino y Rovira, 1987). La heredabilidad se define como la relación que existe entre la varianza genética aditiva ( $\sigma_u^2$ ) y la varianza fenotípica ( $\sigma_{y^*}^2$ ). Es decir:  $h^2 = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_{y^*}^2}$ ; por tanto,  $h^2$  sería la proporción de variabilidad fenotípica que es debida a causas heredables (Buxadè, 1995). No es propiedad del carácter únicamente, sino que también lo es de la población y de los efectos ambientales a los que están sujetos los individuos; cuanto más uniformes son las

condiciones del medio ambiente, la heredabilidad puede aumentar (Falconer y Mckay 2001).

La utilidad de la estimación de la heredabilidad en programas de mejora genética en cuyes radica en que se puede predecir la respuesta a la selección; cuanto mayor sea su magnitud, mayor será el progreso genético. Cuando la heredabilidad de la característica es de media a alta (sobre 0.30), la selección en base al rendimiento propio del individuo permite una tasa relativamente rápida de mejora. Cuando la característica tiene una heredabilidad baja, se deben usar otros métodos para identificar a los individuos genéticamente superiores; asimismo, determinando la heredabilidad se puede planificar el tipo de apareamiento (Cardellino y Rovira, 1987).

En cuyes de la Universidad de Nariño en Pasto-Colombia se reportan heredabilidades de  $0,120\pm 0,050$  para el peso al nacimiento y de  $0,130\pm 0,050$  para el peso al destete (Solarte *et al.*, 2002). Asimismo, en la Granja Cieneguilla-UNALM en el Perú, se refieren valores de  $0,155\pm 0,036$  para peso al nacimiento, y de  $0,246\pm 0,046$  para peso al destete (Vargas, 2015). El Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), en la Molina, reporta heredabilidades de  $0,130\pm 0,020$ , para el peso de crías al nacimiento, y de  $0,030\pm 0,020$  para el peso a las 8 semanas, en cuyes de raza Perú (Chauca, 2005). Sin embargo, para las medidas evaluadas en el presente trabajo -exceptuando el peso vivo- no existe información sobre heredabilidades.

### **2.6.2 Repetibilidad**

Es un concepto relacionado con la heredabilidad en el sentido amplio, y de gran ayuda para la selección, cuando un carácter se expresa varias veces en la vida del animal (leche en varias lactaciones, huevos en varias campañas, vellón en varias esquilas, entre otras.). Como se refiere a diferentes registros en el tiempo para una característica en un mismo animal (conocida como coeficiente de correlación intraclase), no hay en su valor efectos de la segregación o combinación independiente de los genes. Por ello, los efectos ambientales y la edad de los animales son principalmente los causantes de las diferencias entre los registros sucesivos en el tiempo; valor que cambia, de medida a medida, en unos casos poco, y en otros en una mayor proporción (Buxadè, 1995).

Los efectos ambientales, que influyen en el valor de la repetibilidad, se pueden dividir en permanentes, los que una vez ocurridos afectan la producción del animal de allí en adelante (irreversibles); y, los temporales -que se presentan de época en época- que afectan la producción solamente en un corto tiempo (reversibles); por ejemplo, variaciones en la dieta alimenticia, enfermedades, entre otros (Senar, 1999).

La repetibilidad ( $r_i$ ) tiene un valor mínimo igual a la  $h^2$ , que sería 0 y un valor máximo igual a 1 (Buxadè, 1995). Se considera que un carácter que presenta un valor de repetibilidad mayor de 0,70 puede considerarse como repetible, aunque para poder tomarlo como verdaderamente fiable debe alcanzar valores mayores de 0,90 (Senar, 1999). Sin embargo, como una medida de confiabilidad, debe también tomarse en cuenta su error estándar

En la práctica, los valores de repetibilidad de los distintos caracteres pueden ser muy variables. Los principales factores implicados son: i) facilidad de tomar la medida; ii) tamaño del carácter; iii) rango de variación de la medida; y, iv) grado de precisión de los instrumentos utilizados. Hay caracteres que son más fáciles de medir que otros. (Senar, 1999).

En cuyes, las repetibilidades de los pesos al nacimiento y al destete de crías, así como el tamaño de camada en diferentes partos, son las características que mayor atención han tenido por parte de los investigadores. Mediante análisis fraternales de medios hermanos de padre, se han reportado valores de:  $0.18 \pm 0.03$ ,  $0.05 \pm 0.02$  y  $0.07 \pm 0.06$ , para peso al nacimiento;  $0.15 \pm 0.03$ ,  $0.03 \pm 0.02$  y  $0.39 \pm 0.05$ , para peso al destete; y,  $0.12 \pm 0.03$ ,  $0.27 \pm 0.02$  y  $0.13 \pm 0.06$  para tamaño de camada al nacimiento (Arévalo, 1982; Castro, 1983 y Balbín, 1990, respectivamente, citados por Mantilla, 2012).

Asimismo, para el peso al beneficio de cuyes de trece semanas, Chauca (1997) cita valores de heredabilidad de:  $0.50 \pm 0.15$ ,  $0.33 \pm 0.08$  y  $0.58 \pm 0.08$ ; para peso al beneficio a las trece semanas, reportados, respectivamente, por Dillard *et al.*, 1972; Castro, 1974 y Chávez, 1979, citados por Aliaga *et al.*, (2009).

### **2.6.3 Correlaciones genéticas, fenotípicas y ambientales**

Se define la correlación como el grado de asociatividad entre dos caracteres. Su conocimiento es de gran interés para implementar programas de mejoramiento genético; ya



que permite, por una parte, estimar qué cambios ocurrirán en una o más características cuando se selecciona por otro carácter en particular. A través de su estimación, se pueden construir índices que permitan la selección simultánea por más de una característica (Cardellino y Rovira, 1987).

La correlación genética ( $r_g$ ) genera expectativa cuando se realiza selección indirecta. Sus valores fluctúan entre -1,0 y 1,0; por lo cual, dos caracteres correlacionados positivamente, cambiarán en la misma dirección por efecto de la selección; si la correlación es negativa, el cambio será en dirección opuesta, no siempre interpretándose esto como algo negativo para el objetivo de la mejora (Falconer y Mckay, 2001).

En el Perú, en cuyes, se conocen correlaciones genéticas de 0.96 entre peso de camada al destete y peso de camada al nacimiento, y de 0.10 entre peso al beneficio y tamaño de camada al nacimiento; y, correlaciones fenotípicas de 0.65 entre peso de camada al nacimiento y al destete, y de 0.30 entre peso postparto y peso de camada al nacimiento (Chauca, 1997). En Colombia, un estudio realizado en Nariño, reporta correlaciones genéticas de  $0.68 \pm 0.05$  entre peso a los 30 días y 60 días,  $0.75 \pm 0.09$  entre peso a los 30 y 90 días y valor de  $0.75 \pm 0.06$  entre peso a los 30 y 90 días, estimados bajo un análisis de modelo animal multicarácter (Solarte *et al.*, 2002), sobre las correlaciones entre las variables del presente trabajo (PV, PT, LL, AC), exceptuando al peso vivo, no se dispone de valores reportados de estudios realizados.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **3.1 LUGAR DE ESTUDIO**

La investigación se desarrolló en la Granja Experimental de Cuyes de Cieneguilla, propiedad de la Universidad Nacional Agraria La Molina; ubicada en la cuenca baja del río Lurín, distrito de Cieneguilla, altura del Km 23 de la Carretera Lima-Cieneguilla (Av. Toledo); a una latitud Sur de  $-12^{\circ}09'48.156''$  y una longitud Este de  $-76^{\circ}07'56.368''$ , y altitud de 300 msnm; bajo condición de clima subtropical semi-cálido, con temperatura media anual de  $23.7^{\circ}\text{C}$ , que oscila entre los  $21.9^{\circ}\text{C}$  a  $25.5^{\circ}\text{C}$ , con 80 mm de precipitación media anual, y humedad relativa que fluctúa entre 75 a 90 por ciento; su duración de Julio 2016 a Septiembre 2017, concentrándose la mayor parte de los partos entre septiembre del primer año y enero del segundo.

#### **3.2 DE LOS ANIMALES**

Los animales evaluados pertenecen a el genotipo Cieneguilla-UNALM, que provienen del cruzamiento y consolidación de varios genotipos procedentes de La Molina (UNALM), Granja Santa María (Chorrillos-Lima), Granja de Animales Menores del INIA (La Molina-Lima), Granja de Yauris de la UNCP en el valle del Mantaro (Huancayo-Junín), y la Granja Auquicuy (Ibarra-Ecuador); el genotipo formado se caracteriza por su rusticidad, velocidad de crecimiento de conformación corporal carnífera, robusta y redondeada (Sarria, 2011). Al iniciar la investigación, la población de cuyes de la granja Cieneguilla fue de 9.233 animales, con 2690 madres (Inventario junio-2016).

### 3.3 DE LA ALIMENTACIÓN

Todos los cuyes fueron alimentados con brócoli (*Brassica oleracea var. Itálica*), en su mayoría y chala fresca (*Zea mays*) más un concentrado comercial en polvo con un aproximado de 16 y 18 por ciento de proteína, 2700 kilo-calorías de energía metabolizable por Kg, 12 por ciento de fibra y 5 por ciento de grasa. Tanto la alimentación del forraje como del concentrado fueron suministrados *ad-libitum* una vez al día, a primeras horas de la mañana. El forraje fue colocado directamente sobre el piso y el concentrado suministrado en tolvas plásticas de 5k de capacidad. En el Cuadro 3 se detalla la formulación del concentrado de la dieta administrado a los animales de la granja. Los animales no disponen de fuentes de agua (bebederos) en sus pozas de alojamiento.

**Cuadro 3: Insumos de la dieta utilizada en la granja**

Dieta para cuyes fórmula única (tonelada)		
Insumo	Cantidad/Kg	por ciento
Afrecho	631,6	63,16
Ominó feed	130,0	13,00
Torta de soya	180,0	18,00
Heno de alfalfa	30,0	3,00
Carbonato calcio	24,0	2,40
Metionina	1,4	0,14
Sal	1,4	0,14
Rovimix (vitamina C)	0,6	0,06
Premezcla cuy	1,0	0,10
Total	1.000	100.00

FUENTE: Programa nutricional Granja Cuyes-Cieneguilla

### 3.4 DEL MANEJO

Los cuyes se alojaron en pozas de ladrillo revestidas de cemento de 1.33 x 0.83 x 0.40 metros de largo, ancho y altura, respectivamente; cada una con un grupo de 16 animales (15 hembras, 1 macho), distribuidos al azar. Las pozas estuvieron ubicadas en el galpón N°1, ambiente semi-cerrado, con temperatura promedio de 18°C a 22°C en invierno y de 26°C a 31°C en verano, y humedades relativas de 85-90 por ciento. Las pozas fueron desinfectadas y acondicionadas con cama de coronta molida de 4 cm de espesor con la finalidad de absorber la humedad generada por las deyecciones y residuos de forraje verde (Chauca, 1997). Los machos fueron reproductores probados y las hembras primerizas. Las

crías nacidas fueron identificadas con un arete metálico numerado. Posterior al destete ( $15\pm 4$  días) fueron confinadas en pozas de recría según el sexo, para a *posteriori* ser conducidas hasta la edad de beneficio ( $90\pm 7$  días).

### **3.5 DE LA SANIDAD**

Como normas de bioseguridad adoptadas en la Granja Cieneguilla, con el fin de prevenir la entrada y/o diseminación de agentes infecto-contagiosos, antes de colocar la cama de coronta molida las pozas fueron limpiadas y desinfectadas mediante el uso de una lanza llamas y la aspersion de Virkon®S (monopersulfato potásico, sulfato monopotásico, sulfato potásico -sal triple 50 por ciento y excipientes 100 por ciento-). Así mismo, todos los animales fueron bañados con un antiparasitario (malatión) en verano y la aplicación de Tiametoxam (AGITA) para el control de moscas en el entorno.

### **3.6 DEL BENEFICIO**

Al llegar los animales a la edad de beneficio  $90\pm 7$  días, todos los cuyes machos fueron beneficiados aplicando el protocolo siguiente (Aliaga, *et al.*, 2009):

- a. Aturdimiento. Se insensibiliza de manera rápida al animal, evitando dolor y estrés innecesarios;
- b. Desangrado. Se realiza un corte sagital al cuello secciona las yugulares, para luego ubicar al animal en una mesa con cierto grado de inclinación para favorecer su desangrado por gravedad. Es estrictamente necesario un sangrado completo, para que la carne tenga una buena presentación y la carcasa un mayor tiempo de conservación;
- c. Escaldado. Se sumerge del animal en un recipiente con agua, a una temperatura de entre  $70$  a  $75^{\circ}\text{C}$ , que permite la dilatación del folículo piloso, que facilita el desprendimiento del pelo del cuerpo;
- d. Pelado. Se quita el pelo inmediatamente de escaldado (caliente), halando el manto hacia afuera ejerciendo una ligera fuerza con las manos;
- e. Raspado. Se retira cualquier rastro de pelo en el cuerpo, para dar una mejor presentación comercial a la carcasa;

- f. Eviscerado. Se realiza a través de un corte longitudinal ventral, para acceder y retirar las vísceras de la cavidad abdominal sin valor comercial como: estómago, intestinos, hígado, genitales y el ano;
- g. Lavado. Se lavan las carcasas, con el objeto de retirar cualquier residuo como coágulos sanguíneos y restos de contenido intestinal que pudieron escapar, lo cual permite dar una mejor presentación a la carcasa;
- h. Empacado y refrigeración. Las carcasas limpias, son empaquetadas y almacenadas en refrigeración para su posterior comercialización.

### **3.7 NÚMERO DE ANIMALES EVALUADOS Y MEDIDAS TOMADAS**

*En la primera fase*, con la finalidad de identificar las medidas zoométricas de mayor relevancia y establecer un modelo predictor del peso de la carcasa, se evaluó un total de 150 cuyes machos de  $90 \pm 7$  días, a los cuales se los peso y se midió en vivo y después del beneficio, siendo las siguientes las medidas tomadas: peso vivo (PV), peso carcasa (PC), largo de cuerpo (LC), largo de cabeza (LCA), ancho de cabeza (AC), largo de lomo (LL), ancho de lomo (AL), perímetro de tórax (PT), perímetro de muslo (PM), largo de muslo (LM), perímetro de brazuelo (PB), largo de brazuelo (LB), y área media de la grupa (AMG). Los fundamentos anatómicos, las unidades de medida y los instrumentos utilizados se detallan en la Tabla 4.

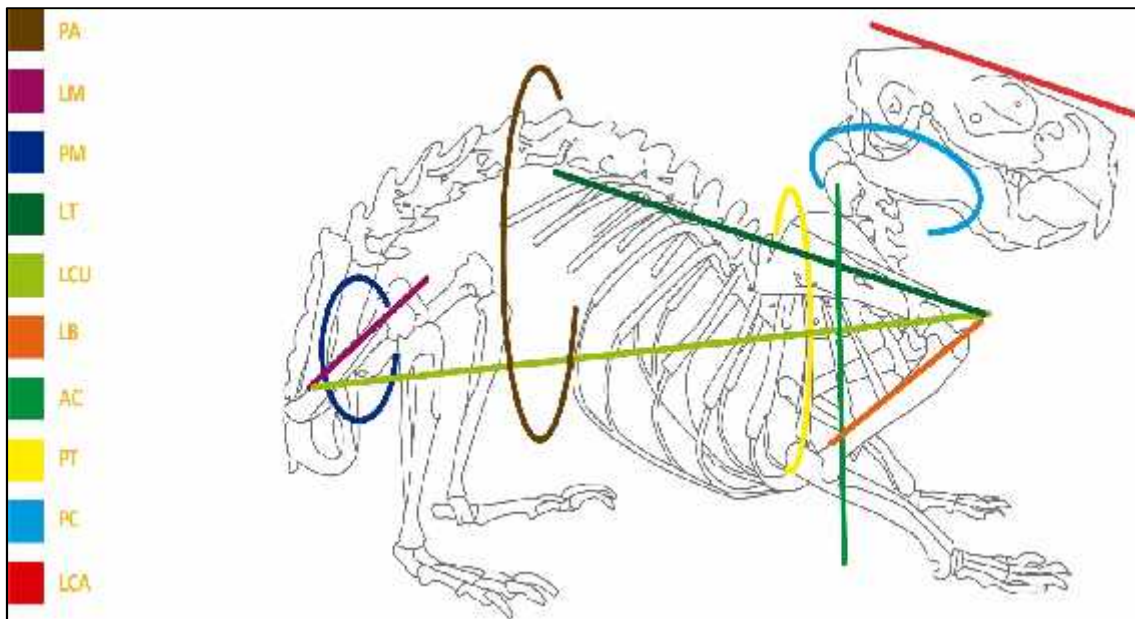
*En la segunda fase*, con la finalidad de estimar los parámetros genéticos para las medidas del modelo predictor, se evaluaron 684 crías (335 hembras y 349 machos) descendientes de 22 padres (1.090 gramos) y 330 madres primerizas de 60 días (1.019 gramos), siendo confinadas, 15 hembras por 1 macho en empadre continuo. A las crías les fueron tomados los pesos corporales (PV), en 3 diferentes periodos: 30 días de edad (PV<sub>30</sub>),  $y_1$ ; 60 días de edad (PV<sub>60</sub>),  $y_2$ ; y, 90 días de edad,  $y_3$  (PV<sub>90</sub>). Al mismo tiempo, se tomaron medidas de: i) ancho de la cabeza (AC); ii) perímetro torácico (PT); iii) largo del musculo del lomo (LL); de los 30 a los 90 días; contando con un total de 3 mediciones -en el tiempo- para cada variable. Luego del beneficio -machos- se registraron estas mismas medidas más el peso de la canal.

**Cuadro 4: Medidas zoométricas, fundamentos anatómicos e instrumentos utilizados para la medición del cuy genotipo Cieneguilla**

<b>Característica</b>	<b>Medida</b>	<b>Instrumento de medición</b>
Peso vivo al beneficio (PV)	Mediante balanza, tras un ayuno de aproximado de 8 horas	Balanza digital de precisión
Peso de carcasa (PC)	Es el peso vivo menos las vísceras	Balanza digital de precisión
Longitud de cabeza (LCA)	Desde la punta de la nariz hasta la articulación atlanto-occipital	Compás de espesores
Ancho de cabeza (AC)	Desde el borde prominente de los arcos zigomáticos	Compás de espesores
Largo de cuerpo (LC)	Desde la punta de la nariz hasta la última vértebra coccígea	Regla milimétrica
Ancho de tórax (AT)	Tomado por detrás de las escapulas	Cinta métrica
Largo de lomo (LL)	Desde el borde caudal de la última costilla hasta la última vertebra coccígea	Cinta métrica
Perímetro de muslo (PM)	Tomada por encima de la articulación femoro-tibial-rotuliana	Cinta métrica
Largo de muslo (LM)	Desde la articulación femorotibial hasta la articulación femororotuliana	Compás de espesores
Perímetro de brazuelo (PB)	Tomada por encima de la articulación del codo	Cinta métrica
Largo de brazuelo (LB)	Desde la articulación humero-radial-cubital hasta la articulación escapulo-humeral	Compás de espesores
Ancho de lomo (AL)	A la altura de las vértebras lumbosacras, entre la apófisis transversa derecha e izquierda	Compás de espesores
Área media de la grupa (AMG)	Abrazando el corvejón desde la patela izquierda hacia la derecha	Cinta métrica

FUENTE: Adaptado de Aliaga et al., 2009; Parés, 2009.

**Figura 1: Medidas biométricas del cuy**



FUENTE: Elaboración propia. Variables: (LC: largo de cuerpo, LCA: largo de cabeza, AC: ancho de cabeza, LL: largo de lomo, AL: ancho de lomo, PT: perímetro de tórax, PM: perímetro de muslo, LM: largo de muslo, PB: perímetro de brazo, LB: largo de brazo, AMG: área media de la grupa).

### 3.8 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

#### 3.8.1 Primera Fase: Identificación de medidas de mayor relevancia

Para la identificación de las medidas zoométricas de mayor relevancia en la estimación del peso de carcasa (PC) se aplicó un modelo predictor basado en una regresión lineal múltiple, analizando 3600 datos procedentes de 150 cuyes genotipo Cieneguilla, a la edad de beneficio ( $90 \pm 7$  días), mediante el procedimiento *Step-Wise Regresión* de SAS (Beal, 2005) que se basa en los procedimientos *forward* (*forward selection*), *backward* (*backward elimination*) y la combinación de ambos, buscando un modelo que incluya las variables que más contribuyan al coeficiente de determinación ( $R^2$ ) como modelo predictor.

Los modelos de regresión para estimación de peso vivo, y peso carcasa se detallan a continuación:

### Modelo I (*in vivo*)

$$Y_1 = \beta + \beta_1 P + \beta_2 L + \beta_3 A + \beta_4 P + \beta_5 L + \beta_6 A + \beta_7 P \dots \beta_1 A$$

Donde:

$Y_1$  = Peso vivo;

PC = Peso carcasa

LCA = Largo de Cabeza;

AC = Ancho de Cabeza;

PT = Perímetro Torácico;

LL = Largo de Lomo;

AL = Ancho de Lomo;

PM = Perímetro Muslo;

LM = Largo de Muslo;

LC = Largo Cuerpo;

PB = Perímetro Brazuelo;

LB = Largo de Brazuelo;

AMG= Área média de lá grupa.

### Modelo II (*post-mortem y de predicción*)

$$Y_2 = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 L + \beta_3 A + \beta_4 P + \beta_5 L + \beta_6 A + \beta_7 P \dots \beta_1 A$$

Donde:

$Y_2$  = Peso de carcasa;

PV = Peso vivo

LCA = Largo de Cabeza;

AC = Ancho de Cabeza;

PT = Perímetro Torácico;

LL = Largo de Lomo;

AL = Ancho de Lomo;

PM = Perímetro Muslo;

LM = Largo de Muslo;

LC = Largo Cuerpo;



PB = Perímetro Brazuelo;

LB = Largo de Brazuelo;

AMG= Área média de lá grupa.

### 3.8.2 Segunda fase: Estimación de los parámetros genéticos

La estimación de los parámetros genéticos, para las medidas predictoras del peso vivo y de carcasa, se realizó por el método de correlación intraclase de medios hermanos de padre, sin vínculo genealógico, asumiendo  $\sigma_a^2 = \frac{1}{4}\sigma_A^2$ , mediante análisis jerárquico (Becker, 1984), y que en forma explícita puede ser resumido como:

$$y_{ilm} = \mu + c_i + s_j + n_l + p_m + \varepsilon_{ilm}$$

Donde:

$y_{ilm}$  = es la medición registrada en la  $n$ -ésima cría, hija del  $m$ -ésimo padre; proveniente de madres del  $l$ -ésimo parto, del  $j$ -ésimo sexo y el  $i$ -ésimo tamaño de camada.

Se asume que los efectos de padres y de crías se distribuyen normal e independientemente, con primero y segundo momentos, dados por  $p_j \sim N(0, \sigma_a^2)$  y  $\varepsilon_{ilm} \sim N(0, \sigma_e^2)$ , respectivamente. Además, se supone que son independientes, es decir la  $C(p, \varepsilon) = 0$ , (Mrode, 2005).

De forma Matricial se expresa:

$$Y = X\beta + Zv +$$

Donde:

$Y$  = Es el vector de observaciones de cada medio hermano.

$X, Z$  = Son matrices de incidencia constituidas por 0's y 1's, relacionado con los efectos fijos y aleatorios con las observaciones de las unidades experimentales, respectivamente.

$v$  = Es un vector desconocido de los efectos fijos, sobre los cuales estamos interesados en obtener su mejor estimación lineal insesgada (BLUP);

$v$  es un vector desconocido de los efectos aleatorios y sobre los cuales estamos interesados en obtener su mejor predicción lineal insesgada (BLUP);

$e$  es un vector desconocido correspondiente a los errores experimentales.

Los vectores  $v$  y  $e$  se asumen que se distribuyen independientemente y con matrices de varianza y covarianza  $G$  y  $R$ , respectivamente.

Para la estimación de los componentes de varianza-covarianza y parámetros genéticos se empleó el Procedimiento MIXED, del Sistema de Análisis Estadístico (SAS) que permite realizar análisis multivariados, cuando se dispone de datos en forma adecuada y se usan las secuencias de instrucciones apropiadas (Littell *et al.*, 2006). Los principios fundamentales para ese propósito se aprecian, para los casos balanceados y desbalanceados, en Henderson (1984), bajo un modelo animal y un modelo padre, respectivamente. El PROC MIXED permite, al menos con conjuntos de datos modestos, como los del presente estudio, estimar componentes de varianza bajo Máxima Verosimilitud Residual (REML) y, asimismo, controlar el método de estimación, que fue el de Máxima Verosimilitud Residual (REML) (Littell *et al.*, 2002; Holland *et al.*, 2006; Kashiani y Saleh, 2010).

La correlación intra - clase entre medios hermanos paternos se estimó como el cociente de componente de varianza de padres respecto a la variación fenotípica (hijos), esta última dada por la suma  $\sigma_f^2 = \sigma_p^2 + \sigma_e^2$ :

$$\hat{t}_{mhP} = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_f^2$$

Asumiendo no relación genética entre los diferentes padres, el componente de varianza de padres estima el índice de herencia en forma estricta dado por  $\hat{h}^2 = 4\hat{t}_{mhP}$ .

Las correlaciones genéticas, ambientales y fenotípicas fueron estimadas siguiendo lo planteado por Becker (1984); para ello y para expresar en forma sucinta cualquier correlación, en lo que sigue, A, E y P representan los valores genéticos aditivos, Desviaciones Ambientales y Valores Fenotípicos respectivamente; la letra griega RHO, ( $\rho$ ) la usamos para designar la correlación entre los caracteres ( $x_i$ ) y ( $x_j$ ); y si además usamos usar las letras griegas  $\alpha$  y  $\epsilon$  para designar los componentes de varianza de padre y residual, en el análisis de medios hermanos paternos. En el entendimiento que una correlación es conceptualmente una covarianza estandarizada por el producto de las respectivas

desviaciones típicas; tendríamos que las fórmulas para estimar las correlaciones genéticas ambientales y fenotípicas son:

$$\begin{aligned}\bar{\rho}_A &= \frac{\sigma_{\alpha(x_i, x_j)}}{\sqrt{\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_i)}\sqrt{\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_j)}} \\ \bar{\rho}_E &= \frac{\sigma_{\varepsilon(x_i, x_j)} - 3\sigma_{\alpha(x_i, x_j)}}{\sqrt{(\bar{\sigma}_{\varepsilon}^2(x_i) - 3\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_i))}\sqrt{(\bar{\sigma}_{\varepsilon}^2(x_j) - 3\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_j))}} \\ \bar{\rho}_I &= \frac{\sigma_{\varepsilon(x_i, x_j)} + 3\sigma_{\alpha(x_i, x_j)}}{\sqrt{(\bar{\sigma}_{\varepsilon}^2(x_i) + 3\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_i))}\sqrt{(\bar{\sigma}_{\varepsilon}^2(x_j) + 3\bar{\sigma}_{\alpha}^2(x_j))}}\end{aligned}$$

Todas ellas fueron estimadas con el Procedimiento Iterativo para Matrices, PROC IML del SAS cuyo código se suministra en anexo.

### 3.9 DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.

En los animales del ensayo, para obtener los parámetros genéticos, se consideraron los datos de identificación y de medidas de pesos y zoométricas siguientes:

- a. Fecha de nacimiento (día/mes/año);
- b. Identificación (arete) de la cría;
- c. Sexo de la cría (macho o hembra);
- d. Identificación (arete) del padre;
- e. Identificación (arete) de la madre;
- f. Tamaño de la camada al nacimiento;
- g. Peso de la cría al beneficio (gramos);
- h. Velocidad de crecimiento destete-beneficio (gramos/día);
- i. Peso de la carcasa de la cría (gramos);
- j. Rendimiento de carcasa de la cría (por ciento).

Las mediciones, y toma de peso en los animales, fueron realizadas a primeras horas de la mañana para evitar el efecto del alimento; asimismo los animales destinados al beneficio

guardaron ayunas de ocho horas, aproximadamente, desde el inicio de la movilización de la granja de cuyes localizada en el distrito Cieneguilla, hasta el sitio de alojamiento en el camal de la Universidad Nacional Agraria la Molina. El peso y medición de la carcasa fue realizada treinta minutos después del proceso de lavado, luego de que escurra la misma.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 MEDIDAS CORPORALES DE MAYOR VALOR PREDICTIVO DEL PESO DE CARCASA

#### 4.1.1 Biometría corporal antes y después del beneficio

La Tabla 1, muestra los promedios, errores estándar y coeficientes de variación de las medidas biométricas, antes y después del beneficio. Se desprende que el peso corporal y el peso carcasa son las características de mayor variabilidad; las demás muestran pequeñas diferencias al tomarse tanto en los animales vivos como en los beneficiados.

**Tabla 1: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas, antes y después del beneficio (16±2 semanas de edad), en cuyo genotipo “Cieneguilla” (n=150 animales)**

Variable	N	Antes del beneficio		Después del beneficio	
		( $\bar{x} \pm$ D.S.)	CV. (%)	( $\bar{x} \pm$ D.S.)	CV. (%)
Peso corporal, g	150	1301.8 ± 187.7	14.4	923.4 ± 159.6	17.3
Largo de cuerpo, cm	150	32.9 ± 1.6	4.9	33.5 ± 1.6	4.7
Perímetro torácico, cm	150	22.2 ± 1.5	10.0	19.8 ± 1.6	8.0
Perímetro de muslo, cm	150	10.9 ± 0.8	7.6	11.7 ± 1.0	8.4
Largo de muslo, cm	150	6.7 ± 0.7	10.6	7.0 ± 0.5	7.6
Perímetro de brazuelo, cm	150	8.3 ± 0.8	9.8	8.0 ± 0.9	10.7
Largo de brazuelo, cm	150	4.6 ± 0.6	12.1	4.9 ± 0.5	10.4
Largo de cabeza, cm	150	7.2 ± 0.6	8.8	6.6 ± 0.6	9.2
Ancho de cabeza, cm	150	4.6 ± 0.4	11.6	4.5 ± 0.4	11.6
Largo de lomo, cm	150	13.5 ± 2.0	14.8	12.7 ± 1.8	14.2
Ancho de lomo, cm	150	3.7 ± 0.6	15.6	3.5 ± 0.4	12.8
Área media de la grupa, cm	150	14.8 ± 1.9	12.6	14.5 ± 1.4	9.8

$\bar{X}$ : promedio; D.S.: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variación.

#### 4.1.2 Modelo predictivo *Step-Wise Regression*

El modelo predictor del peso de carcasa (PC), estimado por el proceso *Step-Wise*, identificó cuatro medidas, del total de doce analizadas, que son peso vivo (PV), perímetro torácico (PT), ancho de cabeza (AC) y largo de lomo (LL); las mismas que cumplieron con los supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza y linealidad para sus residuales; al igual que no manifestaron colinealidad entre ellas, como se comprueba en el análisis de inflación de la varianza (FIV). Los datos del resumen *Step-Wise* y el diagnóstico de colinealidad se muestran en las tablas 2 y 3. El proceso de regresión, de inclusión y exclusión, trabajó a un nivel de significancia del 15%, dando la siguiente ecuación de regresión óptima estimada:

$$y = -158.89 + 0.47(PV)+23.49(PT)-32.99(AC)+5.09(LL)$$

**Tabla 2: Resumen de selección *Step-Wise* (SAS, 2008)**

Paso	Variable introducida	Variable eliminada	N.º V. Modelo	R <sup>2</sup> parcial	R <sup>2</sup> modelo	C(p)	F-Valor	Pr > F
1	PV		1	0.6549	0.6549	21.3873	280.84	<.0001
2	PT		2	0.0363	0.6912	5.7616	17.30	<.0001
3	AC		3	0.0123	0.7035	1.7868	6.07	0.0149
4	LL		4	0.0045	0.7080	1.6274	2.21	0.1392

Se aprecia que el peso vivo (PV) es el que mayor contribuye a los valores de R<sup>2</sup> del modelo, seguido del perímetro torácico (PT) y ancho de cabeza (AC). El largo de lomo (LL), a pesar de no tener significancia estadística, forma parte del modelo predictivo. El valor del coeficiente de Mallow (Cp) asume un valor de 1.62 para el modelo, a pesar de ser un procedimiento más exploratorio que inferencial, indica que el cuadrado medio del error (CME) es pequeño e insesgado.

**Tabla 3: Estimadores de parámetros de las medidas de mayor valor predictivo**

Variable	DF	Estimador del parámetro	Error estándar	Valor t	Pr >  t	Inflación de la varianza
Intercepto (g)	1	-158.89203	101.18113	-1.57	0.1185	0
(PV)	1	0.46675	0.04480	10.42	<.0001	1.79266
(PT)	1	23.49342	5.91814	3.97	0.0001	2.07247
(AC)	1	-32.99272	14.75165	-2.24	0.0268	1.08324
(LL)	1	5.09079	3.42374	1.49	0.1392	1.18164

Los valores de 0.46 (PV), 23.49 (PT), -32.99 (AC), y 5.09 (LL) son los coeficientes de regresión parcial del modelo. Cuando existe un incremento de un gramo en el peso vivo, existe un aumento de 0.46 g en el peso de la carcasa, manteniéndose las variables PT, AC y LL constantes. Al incrementarse en un centímetro el perímetro torácico (PT), existe un incremento de 23.5 g en el peso de la carcasa, manteniéndose, PV, AC y LL constantes; al aumentar en un centímetro el ancho de cabeza (AC) hay una disminución de -35.99 g en el peso de la carcasa (PC), manteniéndose PV, PT y LL constantes. Un incremento de un centímetro en el largo de lomo (LL) implica un aumento de 5.09 en el peso de la carcasa, manteniéndose las otras variables constantes PV, PT y AC constantes. El factor de inflación de la varianza indica que las variables del modelo no mantienen colinealidad perfecta, siendo el peso vivo (PV) el que absorbe la mayor variabilidad en el modelo predictor.

#### **4.1.3 Correlaciones entre las medidas zoométricas**

La Tabla 4, muestra las correlaciones, con sus errores estándar, entre el peso vivo (PV) a las 16±2 semanas de edad, con el peso carcasa (PC), largo de cabeza (LCA), ancho de cabeza (AC), perímetro torácico (PT), largo de lomo (LL), ancho de lomo (AL), perímetro de muslo (PM), largo de muslo (LM), Largo de cuerpo (LC), perímetro de brazuelo (PB), largo de brazuelo (LB) y área media de la grupa (AMG). De las cuales PV, LC, PT, PM, LL, AL y AMG, mostraron valores positivos de correlación con el peso de carcasa (PC) (0.76, 0.43, 0.49, 0.28, 0.45, 0.43, 0.53, respectivamente).

Mientras que las variables LC, PT, PM, PB, AL y AMG, tienen correlación con el peso vivo (PV), con valores de 0.49, 0.37, 0.32, 0.47, 0.54 y 0.61, respectivamente; no se conocen antecedentes de valores de correlación entre la mayoría de medidas evaluadas en el presente estudio con relación al PC. Al respecto, Chauca (1997) indica, para peso de saca a las 13 semanas, valores de correlación de 0,71 con LC y de 0,76 con PT.

Aunque los valores reportados para algunas correlaciones con el peso de carcasa, interés del presente estudio, son de medias a altas (Cardellino y Rovira, 1987), la que mayor se vincula con el peso de carcasa es el peso vivo y el perímetro torácico; demostrado no solo en cuyes si no en otras especies, inclusive en la Alpaca, otra especie de interés zootécnico

para el Perú. Fernández Baca (1971) reporta correlación positiva y altamente significativa, de 0.88 y 0.92, entre el peso corporal de la Alpaca y su perímetro torácico.



**Tabla 4: Coeficientes de correlación fenotípica ( $r_f$ ) entre las medidas biométricas y el peso de carcasa de cuyes del genotipo Cieneguilla al momento del beneficio**

	<b>PC</b>	<b>PV</b>	<b>LC</b>	<b>PT</b>	<b>PM</b>	<b>LM</b>	<b>PB</b>	<b>LB</b>	<b>LCA</b>	<b>AC</b>	<b>LL</b>	<b>AL</b>	<b>AMG</b>
<b>PC</b>		0.76**	0.43**	0.49**	0.28**	-0.10	0.30	0.02	0.03	-0.11	0.45**	0.43**	0.53**
<b>PV</b>			0.49**	0.37**	0.32**	-0.05	0.47**	0.16	0.12	0.00	0.22	0.54**	0.61**
<b>LC</b>				0.24	0.20	0.2	0.34**	0.34**	0.41**	0.22	0.30	0.07	0.33**
<b>PT</b>					0.00	0.00	0.16	0.06	0.17	0.12	0.29	0.28	0.41**
<b>PM</b>						0.19	0.28	0.04	0.03	0.01	0.13	0.03	0.10
<b>LM</b>							0.12	0.36**	0.46**	0.40**	0.00	-0.15	0.07
<b>PB</b>								0.18	0.22	0.03	0.08	0.28	0.24
<b>LB</b>									0.41**	0.51**	0.00	0.02	0.16
<b>LCA</b>										0.61**	-0.04	-0.03	0.23
<b>AC</b>											-0,06	-0.06	0.20
<b>LL</b>												0.12	0.14
<b>AL</b>													0.44**
<b>AMG</b>													

PC: peso carcasa; PV: peso vivo; LC: largo de cuerpo; PT: perímetro torácico; PM: perímetro de muslo; LM: largo de muslo; PB: perímetro de brazuelo; LB: largo de brazuelo; LCA: largo de cabeza; AC: ancho de cabeza; LL: largo de lomo; AL: ancho de lomo; AMG: cuadrado medio de la grupa.

\*\*  $P < 0.01$

## 4.2 PARÁMETROS GENÉTICOS DE LAS MEDIDAS COMPONENTES DEL MODELO PREDICTOR DEL PESO DE LA CARCASA

Los valores encontrados de heredabilidad y correlaciones genéticas y fenotípicas de las variables: Peso vivo (PV) a los 30-60 y 90 días; Ancho de cabeza (AC) a los 30-60 y 90 días; Perímetro torácico (PT) a los 30-60 y 90 días; largo de lomo (LL) a los 30-60 y 90 días, son mostrados en la Tabla 5.

Los valores de heredabilidad para largo de lomo, de  $0.55 \pm 0.09$  a los 60 días y  $0.47 \pm 0.08$  a los 90 días, mostrados en la tabla 8, se pueden considerar altos (Cardellino *et al.*, 1987). Sin embargo, a los 30 días, la heredabilidad es de mediana a alta, con un valor de  $0.22 \pm 0.05$ . Para este rasgo, no se han reportado valores en la literatura, conforme a los puntos anatómicos considerados en el presente estudio.

De igual forma, la correlación, largo de lomo, a los 60 y 90 días, es alta  $0.96 \pm 0.04$ ; lo cual indica que esta característica podría ser importante en planes de mejoramiento genético de la población de cuyes de Cieneguilla, para seleccionar los futuros reproductores machos, sumadas las demás características que conforman el modelo predictor.

### 4.2.1 Parámetros genéticos de los cuyes genotipo Cieneguilla en función del modelo predictor del peso vivo, a 30, 60 y 90 $\pm 7$ días de edad

los parámetros genéticos estimados para los componentes del modelo predictor del peso a 30, 60 y 90 días son mostrados en la tabla 5.

**Tabla 5: Heredabilidad (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) fenotípicas (arriba de la diagonal) y correlaciones genéticas (debajo de la diagonal)**

	Largo de lomo		
	30 días	60 días	90 días
<b>LL 30a</b>	$0.22 \pm 0.05$	$0.47 \pm 0.29$	$0.28 \pm 0.30$
<b>LL 60a</b>	$0.83 \pm 0.12$	$0.55 \pm 0.09$	$0.60 \pm 0.15$
<b>LL 90a</b>	$0.68 \pm 0.18$	$0.95 \pm 0.05$	$0.44 \pm 0.07$
	Ancho de cabeza		
	30 días	60 días	90 días
<b>AC 30a</b>	$0.09 \pm 0.03$	$0.34 \pm 0.09$	$0.27 \pm 0.59$
<b>AC 60a</b>	$0.42 \pm 0.30$	$0.49 \pm 0.08$	$0.64 \pm 0.15$
<b>AC 90a</b>	$0.50 \pm 0.28$	$0.91 \pm 0.05$	$0.68 \pm 0.10$
	Perímetro Torácico		
	30 días	60 días	90 días
<b>PT 30a</b>	$0.48 \pm 0.08$	$0.55 \pm 0.13$	$0.36 \pm 0.36$
<b>PT 60a</b>	$0.98 \pm 0.04$	$0.59 \pm 0.09$	$0.57 \pm 0.43$

<b>PT 90a</b>	0.85±0.16	0.86±0.13	0.13±0.04
	Peso Vivo		
<b>PV 30a</b>	0.74±0.04	0.64±0.11	0.56±0.15
<b>PV 60a</b>	0.93±0.04	0.80±0.05	0.56±0.15
<b>PC 90a</b>	0.91±0.06	0.98±0.08	0.47±0.03
	Peso Vivo ajustado por peso destete		
<b>PV 30a</b>	0.32±0.02	0.51±0.20	0.35±0.24
<b>PV 60a</b>	0.91±0.08	0.54±0.03	0.35±0.19
<b>PV90a</b>	0.86±0.12	0.96±0.15	0.28±0.02

LL: largo de lomo; AC: ancho de cabeza; PT: perímetro torácico; PV: peso vivo

La heredabilidad para ancho de cabeza, expresa valores altos a los 60 y 90 días, de  $0.49\pm 0.08$  y  $0.68\pm 0.10$ , respectivamente; más a la edad de 30 días, muestra un valor bajo de  $0.09\pm 0.03$ , al igual que el largo de lomo. La literatura, reporta valores promedio para la característica, más para su heredabilidad. Cabe indicar que, aunque los valores de heredabilidad son altos, al igual que las correlaciones –fenotípica y genética- entre ambas edades, es una característica que debe ser seleccionada en contra (reducción progresiva del tamaño de la cabeza). La baja heredabilidad a los 30 días podría estar relacionada con la precisión de la medida al ser tomada a edad temprana (cabeza pequeña).

En otras especies animales el perímetro torácico, es un rasgo de mucha importancia, pero que no ha sido estudiado en cuyes. Algunos trabajos reportan valores promedio de esta medida, mas no así su heredabilidad. En el presente estudio el perímetro torácico, muestra una heredabilidad alta a las edades de 30 y 60 días con valores de  $0.48\pm 0.08$  y  $0.59\pm 0.09$ , respectivamente. Sin embargo, a la edad de los 90 días la heredabilidad de esta característica es baja con un valor de  $0.13\pm 0.04$ , indicando que habría otros factores ambientales que tendrían mayor relevancia en su expresión fenotípica final.

Algunos investigadores se han centrado en la varianza aditiva del peso al nacimiento, peso destete, peso a los 90 días, o peso beneficio como criterios de selección de los futuros padres. Las heredabilidades halladas en el presente estudio, mostradas en la Tabla 4, indican valores altos, para los pesos a 30, 60 y 90 días,  $0.74\pm 0.04$ ,  $0.80\pm 0.05$ ,  $0.47\pm 0.03$ . Aliaga *et al.*, (2009) cita heredabilidades de  $0.50\pm 0.15$ ;  $0.33\pm 0.08$ ,  $0.58\pm 0.08$  reportadas por Dillard *et al.*, (1972), Castro (1974) y Chávez (1979), entre los años 1972 a 1979, donde se evaluó el paso a las 13 semanas estimando la correlación intraclase de medios

hermanos de padre. Solarte (2002), indica heredabilidades de  $0.32\pm 0.04$ ,  $0.34\pm 0.04$  y  $0.31\pm 0.04$ , para el peso vivo de cuyes, a los 30, 60 y 90 días respectivamente, bajo un análisis de modelo animal multicarácter, al igual que Rodríguez (2013) que trabajando sobre el cuy genotipo Cieneguilla estimó heredabilidades de  $0.17\pm 0.05$  y  $0.26\pm 0.07$  para peso al nacimiento y destete respectivamente, en donde se tomó como efectos fijos el sexo, año (época) y número de parto de la madre, y como efecto aleatorio al animal.

El valor hallado para el peso a los 90 días difiere con lo hallado por Solarte y otros autores, pudiendo ser por la metodología usada, que fue el análisis fraternal de medios hermanos de padre sin vínculo genealógico, procedente de dos partos consecutivos de un mismo grupo de madres.

La heredabilidad del peso corporal, ajustado por peso destete muestra valores de  $0.32\pm 0.02$ ;  $0.54\pm 0.03$ ;  $0.28\pm 0.02$  respectivamente a las edades de 30, 60 y 90 días. todos los parámetros fueron calculados usando el peso al destete como covariable.

#### **4.2.2 Parámetros genéticos de los cuyes genotipo Cieneguilla en función del modelo predictor del peso de carcasa, a los $90\pm 7$ días de edad**

Los valores de los parámetros genéticos obtenidos para las características del modelo predictor: Peso de Carcasa (PC), ancho de cabeza (AC), largo de lomo (LL) y perímetro torácico (PT), presentadas en la Tabla 6, muestran heredabilidades medias a altas, de 0.38, 0.52, 0.12 y 0.26, respectivamente. La característica ancho de cabeza presenta la más alta heredabilidad y el largo de lomo la más baja. Este hecho permite suponer una alta posibilidad de respuesta al aplicarse un programa de selección basado en el valor genético aditivo (reproductivo o de cría) de los reproductores para estas características; particularmente, el ancho de cabeza, que por su alta heredabilidad (0.52), podría conducir a una reducción progresiva de la cabeza, y en consecuencia un incremento de las partes de mayor valor de la carcasa.

**Tabla 6: Heredabilidad (diagonal) y correlaciones (con sus errores estándar) fenotípicas (arriba a la diagonal) y correlaciones genéticas (debajo de la diagonal) de las medidas de la carcasa a los 90±7 días**

	<b>AC</b>	<b>LL</b>	<b>PT</b>	<b>PC</b>
<b>AC</b>	0.52±0.10	0.39±0.39	0.47±0.23	0.57±0.24
<b>LL</b>	0.92±0.15	0.12±0.06	0.31±0.43	0.53±0.24
<b>PT</b>	0.88±0.09	0.80±0.21	0.26±0.08	0.53±0.24
<b>PC</b>	0.84±0.09	0.65±0.22	0.65±0.08	0.38±0.09

Los valores de correlación mostrados en la tabla 6, demuestran la importancia de estas variables en la producción de cuyes, todas tienen correlación positiva con el peso de carcasa, a medida que el animal crece, aumenta de tamaño y peso (De Jong y Bijma, 2002).

#### **4.2 CARACTERIZACIÓN FENOTÍPICA DE LOS CUYES DEL GENOTIPO CIENEGUILLA EN FUNCIÓN DE LAS MEDIDAS CORPORALES DEL MODELO PREDICTOR A LA EDAD DE BENEFICIO**

El cuy genotipo Cieneguilla, se caracteriza por ser excelente productor de carne, con un rendimiento de carcasa del 70 por ciento, cercano a valores reportados para la raza Perú de 72 por ciento (Aliaga *et al.*, 2009); los machos son ligeramente más grandes y pesados que las hembras, pudiendo alcanzar pesos cercanamente superiores al kilogramo a los 90 días de edad.

De lo encontrado en la presente investigación, Fenotípicamente, el cuy genotipo Cieneguilla muestra una contextura uniforme, redondeada, con cabeza corta y ancha, un lomo que supera los 12 centímetros, medidos desde la última costilla hasta la última vertebra sacra, donde desarrolla notablemente a los músculos serrato y esplenio, cargando de musculatura en este sitio anatómico, mismo que pudiese ser trabajado aún más en planes de selección. El tórax en las hembras es ligeramente más ancho que el de los machos, lo cual generaría una ventaja durante la gestación de crías múltiples. Los datos estadísticos descriptivos se muestran en las tablas 7 y 8.

**Tabla 7: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas del modelo predictor, después del beneficio (90±7 días de edad), en cuyos machos genotipo “Cieneguilla” (n=349animales)**

Variable	Media ±D. S	CV (%)	Mín.	Máx.	E. E
Peso vivo 90 días, g	983.96±146.19	14.8	621	1418	7.83
Peso carcasa, g	699.50±92.26	13.19	503	1019	4.94
Perímetro torácico, cm	15.92±1.20	7.51	12.80	18.80	0.08
Largo de lomo, cm	12.02±1.01	8.42	10.10	21.10	0.04
Ancho de cabeza, cm	4.24±0.20	4.81	3.90	5.20	0.01

D.S.: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variación.; Mín.: Mínimo; Máx.: Máximo; E.E.: Error estándar.

Los datos mostrados en la tabla 7, de cuyos machos a los 90±7 días de edad, indican poca variabilidad para perímetro torácico (PT), largo de lomo (LL) y ancho de cabeza (AC); lo cual podría deberse a una particular configuración anatómica homogénea, el tamaño de la región a medir; sobre todo, son segmentos con base ósea, en donde no hay mayor deposición de carne y grasa.

**Tabla 8: Estadísticos descriptivos de las variables biométricas del modelo predictor, a la edad de beneficio (90±7 días de edad), en cuyos hembras genotipo “Cieneguilla” (n=335animales)**

Variable	Media± D. S	CV (%)	Mín.	Máx.	E. E
Peso vivo 90 días, g	972.66±182.36	18.75	654	1471	9.96
Perímetro torácico, cm	18.17±1.38	7.57	15.1	21.6	0.08
Largo de lomo, cm	12.94±0.96	7.41	10.6	16.5	0.05
Ancho de cabeza, cm	4.18±0.26	6.32	3.60	5.30	0.01

D.S.: desviación estándar; C.V.: coeficiente de variación.; Mín.: Mínimo; Máx.: Máximo; E.E.: Error estándar.

Los datos de la tabla 8, de las hembras, muestran el mismo patrón de comportamiento que los machos, observándose que el peso vivo a los 90 días es la que muestra mayor variabilidad (18.75 por ciento), y que el perímetro de tórax, largo de lomo y ancho de cabeza tienen poca variabilidad, por las razones expresadas anteriormente.

#### 4.2.1 Del peso vivo al beneficio (90 días)

En los resultados obtenidos de peso de machos y hembras a la edad de  $90 \pm 7$  días, se aprecia que el sexo (Tabla 9) no influenció en el peso ganado a los 90 días ( $P > 0.05$ ), similar a lo encontrado por Yumisaca (2015), en un estudio alométrico de cuyes - mejorados-, desde el nacimiento hasta la edad de beneficio, realizado en el Ecuador.

**Tabla 9: Peso a los 90 días (g) de cuyes según el sexo**

Sexo	N	Media $\pm$ DS	Máximo	Mínimo	CV (%)	E. E
Hembra <sup>a</sup>	335	972.66 $\pm$ 182.37	1471.00	654.00	18.75	7.83
Macho <sup>a</sup>	349	983.96 $\pm$ 146.19	1418.00	621.00	14.80	9.96

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

Los pesos alcanzados, en machos y hembras, son superiores a los reportados por Burgos *et al.* (2010), quienes refieren un peso de  $905.21 \pm 30.61$ g, para cuyes machos mejorados a la edad de 90 días; así como a los  $955 \pm 106$  g hallados por Xicohtécatl *et al.*, (2015), en cuyes machos de 150 días de edad; pero relativamente menores a los publicados por Chauca (2007), de 1040 g a las ocho semanas de edad, en cuyes raza Perú, así como 1154 y 1266 g, en animales de la raza Perú y del genotipo Cieneguilla, respectivamente; reportados por Camino e Hidalgo (2014) en un estudio con alimentación en base a balanceado y exclusión de forraje verde.

#### 4.2.2 Del peso de la carcasa a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla

El peso de la carcasa alcanzado en los cuyes machos, a la edad de  $90 \pm 7$  días es de  $699.50 \pm 92.26$ , superior al hallado por Arbulu y Del Carpio (2015), quienes reportan pesos de 607.4 g en cuyes raza Perú, logrados bajo una dieta consistente en forraje verde (70 por ciento) y balanceado (30 por ciento), similar al protocolo de régimen alimenticio que sigue la Granja de Cuyes Cieneguilla. Sin embargo, Camino e Hidalgo (2014) reportan pesos de 878 y 765 g de carcasa en cuyes genotipo Cieneguilla y raza Perú, respectivamente, superiores a los encontrados en el presente estudio.

El peso y rendimiento de la canal es de mucho interés para el productor, los valores reportados en este estudio indican la cada vez más alta especialización a la que ha sido sometida esta especie, desde la década de los 90's (Chauca, 2007); rendimientos cercanos son mostrados en cerdos (75-80 por ciento) cuyo fin es la producción cárnica al igual que el cuy, y superiores comparados con el rendimiento de otras especies: bovinos (55-60 por ciento), ovino (44-49 por ciento), Caravaca *et al.*, (2003), por mantenerse la cabeza y patas como parte de la carcasa.

#### **4.2.3 Del perímetro torácico a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla**

Los valores reportados por la bibliografía, son semejantes a los obtenidos en el primer ensayo del estudio, donde se logran promedios de  $22.2 \pm 1.5$  y  $19.8 \pm 1.6$  cm de perímetro torácico -en vivo y al beneficio-, en cuyes de cuatro meses de edad del genotipo Cieneguilla. Los valores en el segundo ensayo, a los 90 días de edad ( $18.17 \pm 1.38$  cm, en vivo y  $15.92 \pm 1.2$  cm al beneficio), son inferiores a los indicados por Chauca *et al.*, 2005 y por Mascare *et al.*, 2004, y a los resultados del primer ensayo realizado en la presente investigación; debiéndose considerar la diferencia de edades de los cuyes en cada uno de los ensayos y la naturaleza de los genotipos evaluados.

#### **4.2.4 Del largo de lomo a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla**

El valor obtenido para este segmento anatómico fue de  $12.94 \pm 0.96$  y  $13.5 \pm 2.0$  cm, en hembras y machos al beneficio, respectivamente. Los estudios reportados sobre valores de este segmento anatómico, no son considerados ya que el lugar anatómico estimado para esta investigación difiere a los reportados por la literatura, donde en el largo total del animal incluye la cabeza; y, en otros casos, se mide desde la articulación del hombro. Para el presente estudio, la medida se tomó desde la última costilla flotante hasta la última vertebra coccígea, lugar donde descansan los músculos serrato y esplenio.



#### **4.2.5 Del ancho de cabeza a la edad de beneficio (90 días) en cuyes machos genotipo Cieneguilla**

El valor mostrado de ancho de cabeza en el presente estudio fue de  $4.18 \pm 0.26$  y  $4.24 \pm 0.20$  cm para machos y hembras, respectivamente, a los  $90 \pm 7$  días de edad; siendo inferior al reportado por Navarro (2016), quien refiere valores de  $4.6 \pm 2.87$  y  $4.9 \pm 2.15$  cm para cuyes de la línea Mantaro -hembras y machos- a la edad de 91 días. El tamaño de cabeza es una característica que debe ser seleccionada en contra, ya que el peso de la cabeza representa el 15.8 por ciento del peso total de un cuy en vivo y el 14 por ciento del peso de la carcasa en el beneficio (Aliaga *et al.*, 2009).

## V. CONCLUSIONES

1. Teniendo como base doce medidas corporales, evaluadas en la primera fase de investigación en animales vivos, el modelo predictor más eficiente del peso de carcasa a la edad de  $90\pm 7$  días se conformó por el perímetro de tórax, largo de lomo y ancho de cabeza, lo que permite estimar el peso de la carcasa sin necesidad de sacrificar al animal con una precisión que supera el 70%.
2. Los parámetros genéticos obtenidos en la segunda fase de investigación, para las variables anatómicas del modelo predictor: ancho de cabeza, largo de lomo, perímetro torácico y peso corporal, indican heredabilidades altas, a excepción del perímetro de tórax, cuya heredabilidad es baja, pero que llegó a conformar el modelo predictor.
3. El genotipo de cuyes Cieneguilla muestra diferencias positivas, en términos de producción de carne, respecto a otros genotipos domésticos, previamente estudiados, incluidas las razas formadas tanto en la costa como en la sierra del país, atributos que lo caracterizan como un excelente productor de carne.
4. Más allá del peso vivo en machos y hembras, las medidas lineales corporales permitieron confirmar dimorfismo entre ambos sexos. Los machos tuvieron ligeramente mayores medidas corporales, resaltando entre ellas la diferencia en perímetro torácico (14%).

## **VI. RECOMENDACIONES**

Las características de peso corporal, ancho de cabeza, perímetro de tórax y largo de lomo, deberían ser incluidas en los programas de mejora, del cuy genotipo Cieneguilla, y formar conjuntamente parte de un índice de selección, que incluya además indicadores de rentabilidad, con el fin de mejorar la relación carne-hueso y lograr pesos de beneficio (comercial) cada vez a menor edad;

Dadas las características diferenciales del genotipo Cieneguilla respecto a otros genotipos de cuyes domésticos, implementar un plan para la formación de una raza de cuyes, especializada en producción de carne, a partir del cuy genotipo Cieneguilla;

Mejorar la precisión en la toma de las medidas corporales, utilizar procedimientos estadísticos multivariados, para contar con valores más exactos para el desarrollo de futuros estudios morfológicos orientados a la mejora del peso y rendimiento de carcasa de los cuyes del genotipo Cieneguilla.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Abraham, H; Murphey, C; Cross, H; Smith, G; Franks, J. 1980. Factors affecting beef carcass cutability and evaluation of the USDA yield grades for beef. J. Anim. Sci. Vol. 50: 841-851.

Aliaga, L; Moncayo, R; Rico, E; Caycedo, A. 2009. Producción de cuyes. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima – Perú 808 p

Arbulú, C; Del Carpio, P. 2015. Rendimiento y contenido graso de cuyes (*Cavia porcellus*) mejorados, sacrificados a la octava y duodécima semana de edad. Rev. Inv. Cult. 4(1) 6: 20-32 pp.

Archetti, E. 1984. Análisis de la producción, formas de consumo comercialización y simbología del cuy en ocho comunidades de la sierra ecuatoriana. CEPLAES, Quito: 424 p.

Avilés, DF; Landi, V; Delgado, JV; Martínez, AM. 2014. El pueblo ecuatoriano y su relación con el cuy. Actas Iberoamericanas de conservación animal. AICA vol. 4. 38-40 pp.

Beal, DJ. 2005. SAS® Code to select the Best Multiple Linear Regression Model for Multivariate Data Using Information Criteria. Science Applications International Corporation, Oak Ridge. TN, USA. 5p. Consultado 17 Nov. 2016. Disponible en <http://analytics.ncsu.edu/sesug/2005/SA01-05.PDF>

Becker, WA. 1984. Manual of Quantitative Genetics. Fourth Edition. Academic Enterprise. Pullman, United States. 190p.

Blanco, C. 1979. Evaluación volumétrica de carcasa en cuyes medianamente mejorados y mejorados a las 8 y 12 semanas de edad. Tesis Ingeniero Zootecnista. Universidad Nacional Agraria la Molina (PERU). Programa Académico de Zootecnia. Lima-Perú 63 p

Burgos, W; Solarte, C; Cerón, M. 2010. Efecto del tamaño de camada y número de parto en el crecimiento de cuyes (*Cavia porcellus Rodentia: caviidae*). Revista Lasallista de investigación. vol.7, n.2, 47-55 pp.

Buxadé, C. 1995. Zootecnia. Genética, patología, higiene y residuos animales. Zootecnia Tomo IV. Mundiprensa. Madrid-España. 348 p

Camino, J; Hidalgo, V. 2014. Evaluación de dos genotipos de cuyes (*Cavia porcellus*) alimentados con concentrado y exclusión de forraje verde. Rev. Inv. Vet. Perú 25 (2) 190-197 p.

Canqui, JC; Antezana, M. 2008. Caracterización zoométrica y biométrica de ovinos criollos (*Ovis aries*) en comunidades del CEHM. Revista científica investigación en ovinos. Consultado el 14 de septiembre de 2016. Disponible <http://www.condoririuto.edu.bo/13.pdf>. 97-102 p

Caravaca, FP; Castel, JM; Guzmán, JL; Delgado, M; Mena, Y; Alcalde, MJ; González, P. 2003. Bases de la producción animal. Editorial. Universidad de Sevilla. Córdoba-España. 516 p

Cardellino, RA, Rovira, MJ. 1987. Mejoramiento genético animal. Editorial Hemisferio Sur, Montevideo – Uruguay. 253 p.

Chauca, FL; Levano, SM; Higaonna, OR. y Muscari, G.J. (1992). Utilización de cercas gazaperas en la producción de cuyes. En: XV Reunión científica anual de APPA 176 pp. Pucallpa: Asociación Peruana de Producción Animal. 512 p.

Chauca, L. 1997. Producción de Cuyes (*Cavia porcellus*) En: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. (FAO). 138: 1-3; 53.

Chauca, L. 2007. Realidad y perspectiva de la crianza de cuyes en los países andinos. Resúmenes XX Reunión ALPA Vol. 15(Supl.1). Cusco-Perú.

Chauca, L; Muscari, J.; Higaonna, R. 2005. Informe final Sub Proyecto: Generación de Líneas Mejoradas de Cuyes de Alta Productividad INIA-INCAGRO. Lima-Perú. 165 p. disponible en: <https://es.scribd.com/document/166069991/Inia-Incagro>

Chávez, J. 2016. Estrategias de mejoramiento genético en cuyes. Simposio Nacional Avances y Perspectivas en la Producción de Cuyes. 25-26 nov. 2016. Oficina de Extensión Universitaria y Proyección Social-UNALM. Lima – Perú

De Jong, G; Bijma, P. 2002. Selection and phenotypic plasticity in evolutionary biology and animal breeding. *Livestock Production Science* 78 (2002) 195–214 pp.

De Lira, T; Rosa, ME; Garnero, A. 2008. Parâmetros genéticos de características produtivas e reproductivas em zebuínos de corte (revisão). *Ciência Animal Brasileira* Vol. 9(1).

Egena, SA. 2010. Body length, heart girth and trunk length as predictors of live body weight of guinea pig (*Cavia porcellus*) in the southern guinea savannah zone of Nigeria. *New York Science Journal* 3(2): 9-14, February. Available: [http://www.sciencepub.net/newyork/ny0302/02\\_1085\\_Body\\_Length\\_pub\\_ny0302.pdf](http://www.sciencepub.net/newyork/ny0302/02_1085_Body_Length_pub_ny0302.pdf).

Falconer, DS; Mckay, TF. 2001. Introducción a la genética cuantitativa. Editorial Acribia. España-Zaragoza. 500 p

Fernández-Baca, S. 1971. La alpaca, reproducción y crianza. Ministerio de Agricultura. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura. Boletín de Divulgación N° 7, 43 pp. Lima-Perú.

Guillén, K; Grandez, R; Chauca, L; Chauca, D., Valencia, R. 2015. Estudio descriptivo de la anatomía radiográfica ósea del cuy (*Cavia porcellus*) no mejorado y el cuy mejorado raza Perú. *Rev. Salud y tecnología veterinaria*, 3(2), 68-77 p

Hammond, J. 1960. Farm animals. Edward Arnold Publishers Ltd., 3ª ed, London, VIII, London-England. 322 p

Henderson, CR. 1984. Applications of Linear Models in Animal Breeding. University of Guelph, Guelph, ON. Third Edition edited by L.R. Schaeffer. Ontario-Canada. XX p <http://cgil.uoguelph.ca/pub/Henderson.html>

Herrera, M; Luque, M. 2009. Morfo estructura y sistemas para el futuro en la valoración morfológica. En: Valoración morfológica de los animales domésticos. 83-101pp. Sañudo, A. C (Ed.). Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino. Madrid-España.

Holland, JB. 2006. Estimating Genotypic Correlations and Their Standard Errors Using Multivariate Restricted Maximum Likelihood Estimation with SAS Proc MIXED. Published in Crop Sci. 46:642–654 pp.

Jiménez, R; Huamán, A. 2010. Manual para el manejo de reproductores híbridos especializados en la producción de carne. Subproyecto Desarrollo y evaluación de reproductores para maximizar la producción de cuyes de carne IVITA-FMV-UNMSM-INCAGRO. Junín-Perú. 175 p

Kashiani, P; Saleh, G. 2010. Estimation of Genetic Correlations on Sweet Corn Inbred Lines Using SAS Mixed Model. American Journal of Agricultural and Biological Sciences 5 (3): 309-314

Kuhl, HS; Burghardt, T. 2013. Animal Biometrics: quantifying and detecting phenotypic appearance. Trends Ecol. Evol. 28, 432-441

Leal Dos Santos LC; Olalquiaga JR; Ramos E; Muniz JÁ; Bonagúrio S. 2001. Crescimento Alométrico dos Tecidos Ósseo, Muscular e Adiposo na Carcaça de Cordeiros Santa Inês e Bergamácia. Rev. bras. zootec., 30(2):493-498

Littell, RC; Stroup, WW; Freund, RJ. 2002. SAS® for Linear Models, Fourth Edition. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA. 466 p.

Littell, RC; Milliken, GA; Stroup, W; Wolfinger, RD; Schabenberger, O. 2006. SAS® for Mixed Models, Second Edition. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, North Carolina 27513-USA. 814p.

Mantilla, G. 2012. Diferenciación reproductiva, productiva y molecular de cuyes nativos de la región Cajamarca. Tesis de Doctor en Ciencias: Mención Producción Animal. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. 149 p.

Mrode, RA. 2005. Linear Models for the Prediction of Animal Breeding Values. Second edition. CAB publishing. Wallingford, U.K. 344p

Navarro, JE. 2016. Caracterización zoométrica de cuyes de la línea Mantaro en la E. E. A. Santa Ana-I.N.I.A. Tesis Ingeniero Zootecnista. Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú. Junín-Perú. 72p.

- Ordoñez, R. 2003. Estudio de mercado y propuesta empresarial. Plan de introducción de la carne de cuy en Lima Metropolitana. Tesis Magister en Administración de Negocios Pontificia Universidad Católica del Perú. Escuela de Graduados. Lima-Perú. 189 p.
- Ossa, G; Suarez, M; Pérez, J. 2007. Factores ambientales y genéticos que influyen la edad al primer parto y el intervalo entre partos en hembras de la raza criolla Romosinuano. *Revista Corpoica* 8(2). 74-80 pp. Bogotá-Colombia.
- Owens, FN; Gill, DR; Secrist, DS; Coleman SW. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J Anim Sci.* 73:3152-3172.
- Parés, I; Casanova, P.M. 2009. Zoometría. En *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos* pag. 171-198. SEZ (Sociedad Española de Zootecnólogos) Coordinador Carlos Sañudo Astiz. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. Gobierno de España. Madrid-España. 863 p.
- Rodríguez, H. 2013. Evaluación fenotípica y estimación de parámetros genéticos en características productivas y reproductivas en cuyes de la granja de Cieneguilla. Tesis Doctoral. Escuela de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. 79 p
- Rodríguez, LH; Gutiérrez, GR; Palomino, TM; Hidalgo, LV. 2015. Características Maternales al Nacimiento y Destete en Cuyes de la Costa Central del Perú. *Rev. investig. vet. Perú [online]*, vol.26, n.1, 77-85.
- Sánchez, RC. 2002. *Crianza y comercialización de cuyes*. Ripalme. Lima-Perú. 150p
- Sañudo, AC. 2010. *Valoración morfológica de los animales domésticos*. Artegraf, Industrias Gráficas S.A. Barcelona-España. 865p
- Sarria, B J. 2011. *El cuy crianza tecnificada*. Lima: Oficina Académica de Extensión y Proyección Social-Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima-Perú. XX p
- Schindler, V; Pruzzo, L; Olivera, ML; Grigeranaóna, JJ; Abbiatti, N; De Santa Coloma, LF. 2007. Predicción de rendimiento de cortes minoristas de reses bovinas en Argentina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, v.12, p.105-111.
- Senar, J. 1999. La medición de la repetibilidad y el error de medida. *Etoguia*, 17, 53-64.



- Solarte, C; Imuez, A.M., Pérez, T. 2002. Modelo animal multicarácter para la estimación de parámetros genéticos del *Cavia porcellus* en Colombia. *Rev. Cubana Cienc Agríc* 36(1): 19-24.
- Solorzano, JD; Sarria, JA. 2014. Crianza, producción y comercialización de cuyes. Editorial Macro. Lima-Perú. 191 p
- Stephen, AE; Garba, H; Silas, T; Ciroma, MT. 2010. Effect of Sex on Linear Body Measurements of Guinea Pig (*Cavia porcellus*). *Au J. T.*, 61-65
- Vanderlip, S. 2003. The guinea pig handbook. Barron's Educational Series. New York - USA. 168p
- Vargas, A; Gutiérrez, G; Mamani, G. 2015. Una aplicación del muestreo de Gibbs en la estimación de parámetros genéticos en cuyes utilizando MCMCglmm. *Revista de Investigaciones Veterinarias Del Peru*, 26(2), 182–188. <https://doi.org/10.15381/rivep.v26i2.11095>
- Xicohtécatl, P; Barrera, S; Orozco, T; Sigfredo, T; Roberto, M. 2015. Parámetros productivos de cuyes (*Cavia Porcellus*) del nacimiento al sacrificio en Nayarit, México. *Abanico Vet.* 3(2), 36 - 43pp
- Yumisaca, D. 2015. Crecimiento alométrico de *Cavia porcellus* (Cuy mejorado). Tesis Médico Veterinario. Escuela Superior Politécnica del Chimborazo (Ecuador). Riobamba-Ecuador. 52 p.
- Zaldívar, M; Chaula, L; Chian, M.; Gutierrez, N; Gamoza, V. 1991. Evaluación y estudio económico de curvas de crecimiento de cuatro líneas de cuyes. *Rev. Informativa de Ciencias Agrícolas.* 41, 53 – 56.

## VIII. ANEXOS

**ANEXO 1:** análisis de varianza de los modelos predictores del peso de carcasa y de la sentencia del PROC MIXED, en el calculo de correlaciones genéticas y fenotípicas

<b>Análisis de la varianza</b>					
Fuente	DF	S.C	C.M	F-Valor	Pr > F
Modelo	4	2065704	516426	87.89	<.0001
Error	145	851974	5875.68134		
Total, corregido	149	2917678			

FUENTE: Elaboración propia

Sentencias de Proc Mixed

```
proc mixed data=pMIXED method=reml cl;  
class TRAIT SeqSire seqDam sexo Mes_Naci familia;  
model y= TRAIT*sexo TRAIT*Mes_Naci/noint notest s;  
random TRAIT /type=un subject=SeqSire;  
repeated TRAIT /type=un subject=familia(SeqSire);  
lsmeans TRAIT*sexo TRAIT*Mes_Naci /diff;  
run;
```

**ANEXO 2:** Preparación del alojamiento y medidas anatómicas de los cuyes, en la granja Cieneguilla para el desarrollo del trabajo



**Figura 1 y Figura 2:** Pozas de alojamiento para los cuyes y su pesaje de hembras y machos al inicio del empadre



**Figura 3 y Figura 4:** Medidas anatómicas de largo cuerpo y largo de pierna en cuyes a los  $90 \pm 7$  días

**ANEXO 3:** Análisis Estadístico Medias ajustadas del peso a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año, tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

- Medias ajustadas del peso a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Sexo	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_{3 d}$	$\bar{\sigma}_{3 d}$	$\bar{x}_{6 d}$	$\bar{\sigma}_{6 d}$	$\bar{x}_{9 d}$	$\bar{\sigma}_{9 d}$
Hembras	432,99	8,39	800,73	16,76	958,89	16,76
Machos	449,48	8,22	958,89	16,35	972,92	16,35

- Medias ajustadas del peso a 30, 60 y 90 días, discriminadas por año, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Año	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_{3 d}$	$\bar{\sigma}_{3 d}$	$\bar{x}_{6 d}$	$\bar{\sigma}_{6 d}$	$\bar{x}_{9 d}$	$\bar{\sigma}_{9 d}$
2016	461,86	7,92	846,69	17,00	1008,79	15,49
2017	420,60	9,32	789,64	19,78	923,02	19,09

- Medias ajustadas del peso a 30, 60 y 90 días, discriminadas por el tamaño de la camada, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Tamaño camada	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_{3 d}$	$\bar{\sigma}_{3 d}$	$\bar{x}_{6 d}$	$\bar{\sigma}_{6 d}$	$\bar{x}_{9 d}$	$\bar{\sigma}_{9 d}$
1	471,61	13,97	870,41	29,43	996,45	31,59
2	460,08	9,03	835,02	19,21	981,22	18,48
3	429,09	8,24	791,91	17,62	952,05	16,30
4	404,15	8,27	775,31	17,68	933,90	16,34

**ANEXO 4:** Medias ajustadas del ancho de la cabeza a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

- Medias ajustadas del ancho de la cabeza a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Sexo	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
Hembras	3,65	0,018	4,00	0,020	4,20	0,028
Machos	3,77	0,017	4,15	0,020	4,34	0,027

- Medias ajustadas del ancho de la cabeza a 30, 60 y 90 días, discriminadas por año, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Año	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
2016	3,83	0,015	4,14	0,019	4,27	0,026
2017	3,59	0,022	4,01	0,023	4,27	0,031

- Medias ajustadas del ancho de la cabeza a 30, 60 y 90 días, discriminadas por el tamaño de la camada, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Tamaño camada	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
1	3,73	0,042	4,16	0,038	4,35	0,048
2	3,75	0,021	4,09	0,022	4,25	0,030
3	3,70	0,017	4,03	0,020	4,24	0,027
4	3,65	0,017	4,02	0,020	4,25	0,027

**ANEXO 5:** Medias ajustadas del largo del lomo a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

- Medias ajustadas del largo del lomo a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Sexo	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3$	$\bar{\sigma}_3$	$\bar{x}_6$	$\bar{\sigma}_6$	$\bar{x}_9$	$\bar{\sigma}_9$
Hembras	10,61	0,067	12,06	0,087	13,16	0,090
Machos	10,80	0,065	12,22	0,085	13,24	0,088

- Medias ajustadas del largo del lomo a 30, 60 y 90 días, discriminadas por año, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Año	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3$	$\bar{\sigma}_3$	$\bar{x}_6$	$\bar{\sigma}_6$	$\bar{x}_9$	$\bar{\sigma}_9$
2016	11,10	0,060	12,13	0,081	13,05	0,083
2017	10,30	0,081	12,15	0,099	13,34	0,102

- Medias ajustadas del largo del lomo a 30, 60 y 90 días, discriminadas por el tamaño de la camada, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Tamaño camada	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3$	$\bar{\sigma}_3$	$\bar{x}_6$	$\bar{\sigma}_6$	$\bar{x}_9$	$\bar{\sigma}_9$
1	10,84	0,143	12,45	0,157	13,64	0,173
2	10,87	0,077	12,17	0,095	13,51	0,099
3	10,65	0,065	12,09	0,085	13,02	0,087
4	10,46	0,065	11,86	0,085	12,97	0,087

**ANEXO 6:** Medias ajustadas del largo del perímetro torácico a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, año y tamaño de camada en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

- Medias ajustadas del largo del perímetro torácico a 30, 60 y 90 días, discriminadas por sexo, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Sexo	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
Hembras	14,60	0,128	16,38	0,134	17,66	0,097
Machos	14,91	0,124	16,59	0,131	17,58	0,093

- Medias ajustadas del largo del perímetro torácico a 30, 60 y 90 días, discriminadas por año, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Año	30 días		60 días		930 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
2016	15,19	0,118	17,37	0,125	18,57	0,084
2017	14,32	0,145	15,60	0,151	16,68	0,117

- Medias ajustadas del largo del perímetro torácico a 30, 60 y 90 días, discriminadas por el tamaño de la camada, en pesos de cuyes del genotipo Cieneguilla

Tamaño camada	30 días		60 días		90 días	
	$\bar{x}_3 d$	$\bar{\sigma}_3 d$	$\bar{x}_6 d$	$\bar{\sigma}_6 d$	$\bar{x}_9 d$	$\bar{\sigma}_9 d$
1	14,94	0,235	17,10	0,238	17,87	0,234
2	15,03	0,140	16,57	0,146	17,75	0,113
3	14,65	0,124	16,25	0,131	17,48	0,092
4	14,40	0,125	16,03	0,132	17,39	0,092



**ANEXO 7:** Media ajustadas para: ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al momento del beneficio, discriminados por año, tamaño de camada en cuyes de la variedad Cieneguilla

- Medias ajustadas para: ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al momento del beneficio, discriminados por el tamaño de la camada, en cuyes del genotipo Cieneguilla

Año	Ancho		Largo		Perímetro		Peso	
	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$
2016	4,24	0,027	12,45	0,086	16,30	0,131	701,89	12,125
2017	4,25	0,032	12,54	0,107	14,67	0,157	673,44	14,401

- Medias ajustadas para: ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al momento del beneficio, discriminados por el tamaño de la camada, en cuyes del genotipo Cieneguilla

Tamaño	Ancho		Largo		Perímetro		Peso	
	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$	$\bar{x}$	$\bar{\sigma}$
1	4,33	0,061	12,82	0,225	15,77	0,230	743,49	28,213
2	4,25	0,029	12,64	0,095	15,81	0,140	706,00	12,772
3	4,26	0,025	12,47	0,075	15,49	0,115	689,23	10,683
4	4,5	0,026	12,44	0,078	15,54	0,119	688,04	11,110

**ANEXO 8:** Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres.

- Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para el peso corporal a los 30, 60 y 90 días en cuyes de la variedad Cieneguilla.

Días	Entre Padres			Días	Dentro de padres		
	30	60	90		30	60	90
30	1024,27	2068,39	1666,78	30	4498,21	5324,80	4730,06
60		4801,93	3895,61	60		19175,00	17024,00
90			3281,74	90			24538,00

- Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para el peso corporal a los 30, 60 y 90, días; ajustados por el peso al destete, en cuyes de la variedad Cieneguilla.

Días	Entre Padres			Días	Dentro de padres		
	30	60	90		30	60	90
30	128,51	516,67	393,06	30	1484,89	2301,35	1770,27
60		2528,62	1958,70	60		16160,00	14066,00
90			1642,95	90			21659,00

- Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para el ancho de la cabeza a los 30, 60 y 90 días en cuyes de la variedad Cieneguilla.

Días	Entre Padres			Días	Dentro de padres		
	30	60	90		30	60	90
30	0,001250	0,001051	0,001826	30	0,05282	0,01499	0,01395
60		0,005006	0,006672	60		0,03572	0,02538
90			0,010700	90			0,05214

- Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para el largo del lomo a los 30, 60 y 90 días en cuyes de la variedad Cieneguilla.

Días	Entre Padres			Días	Dentro de padres		
	30	60	90		30	60	90
30	0,03394	0,04750	0,03754	30	0,5767	0,2600	0,1586
60		0,09559	0,08832	60		0,6039	0,3598
90			0,09069	90			0,7353

**ANEXO 9:** Estimadores de máxima verosimilitud restringida de los componentes de varianza entre y dentro de padres para: Ancho de la cabeza; largo del lomo; Perímetro Torácico y peso al beneficio en cuyes de la variedad Cieneguilla.

	AC	LL	PT	PC		1	2	3	4
AC	0,005841	0.009191	0,02009	1,9964	AC	0,0368	0,0511	0,0841	9,1075
LL		0,017700	0,03175	2,8432	LL		0,5425	0,2218	34,4184
PT			0,08467	8,2321	PT			1,0535	46,6693
PC				965.1000	PC				7991,07

AC=ancho de la cabeza; LL = Largo del lomo; PT=perímetro torácico y PC= Peso corporal

Correlaciones Genéticas (A), Fenotípicas (P) y Ambientales (E) ± Errores Típicos entre las variables Ancho de la Cabeza, Largo del Lomo, Perímetro torácico y Peso al Beneficio en un experimento en Cuyes de la variedad Cieneguilla.

Tipo	Var(i)	Var(j)	R(i,j)	EE (i, j)
Genética	AnchoB	LargoB	0.9206573	0.1343507
Genética	AnchoB	PerimeB	0.8885528	0.0888438
Genética	AnchoB	PesoB	0.854322	0.0852466
Genética	LargoB	PerimeB	0.8377691	0.1789373
Genética	LargoB	PesoB	0.6757919	0.193538
Genética	PerimeB	PesoB	0.9102067	0.0786471
Fenotípica	AnchoB	LargoB	0.3924492	0.3373424
Fenotípica	AnchoB	PerimeB	0.4688344	0.2168797
Fenotípica	AnchoB	PesoB	0.5694709	0.2168533
Fenotípica	LargoB	PerimeB	0.3270539	0.3706729
Fenotípica	LargoB	PesoB	0.5340734	0.5929003
Fenotípica	PerimeB	PesoB	0.5485387	0.228488
Ambiental	AnchoB	LargoB	0.2284181	0.1963441
Ambiental	AnchoB	PerimeB	0.2071811	0.0958406
Ambiental	AnchoB	PesoB	0.3285515	0.1251117
Ambiental	LargoB	PerimeB	0.2052225	0.2325929
Ambiental	LargoB	PesoB	0.5237543	0.5814445
Ambiental	PerimeB	PesoB	0.3636921	0.1514921