

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA**



**“CARACTERÍSTICAS ESPERMÁTICAS Y TESTICULARES EN DOS  
EDADES Y TRES RAZAS DE CUYES”**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentado por:

**FERNANDO JAVIER ORREGO VÁSQUEZ**

**LIMA – PERÚ**

**2022**

---

**La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación  
(Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	TESIS FERNANDO ORREGO.docx (D151307514)
<b>Submitted</b>	11/28/2022 11:05:00 PM
<b>Submitted by</b>	Armando Enrique Alvarado Malca
<b>Submitter email</b>	ealvarado@lamolina.edu.pe
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	ealvarado.unalm@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/338/1/Generacion_de_lineas_mejoradas.pdf">https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/338/1/Generacion_de_lineas_mejoradas.pdf</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>8</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2019/19-potenc...">https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2019/19-potenc...</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>1</b>
<b>SA</b>	<b>tesis terminada 3.docx</b> Document tesis terminada 3.docx (D14812090)	 <b>2</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.1262/jrd.2012-021">https://doi.org/10.1262/jrd.2012-021</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-agropecuaria-ena-2019-instituto-nac...">https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-agropecuaria-ena-2019-instituto-nac...</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.1095/biolreprod17.4.532">https://doi.org/10.1095/biolreprod17.4.532</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>1</b>
<b>W</b>	URL: <a href="https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019">https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019</a> Fetched: 11/28/2022 11:07:00 PM	 <b>2</b>

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE ZOOTECNIA  
 "CARACTERÍSTICAS ESPERMÁTICAS Y TESTICULARES EN DOS EDADES Y TRES RAZAS DE CUYES"  
 TESIS PARA OPTAR TÍTULO DE INGENIERO ZOOTECNISTA FERNANDO JAVIER ORREGO VÁSQUEZ  
 LIMA – PERÚ 2022 \_\_\_\_\_ La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente investigación (Art. 24 – Reglamento de Propiedad Intelectual)  
 DEDICATORIA AGRADECIMIENTOS ÍNDICE GENERAL  
 I. INTRODUCCIÓN 1 II. REVISIÓN DE LITERATURA 3 II.1 Aspectos Generales 3 II.2 Aparato Reproductor Masculino del Cuy 6  
 II.2.1 Testículos 7 II.2.2 Sistema de Ductos 7 II.2.3 Glándulas Accesorias 9 II.2.4 Pene 10 II.3 Espermatogénesis 11 II.3.1  
 Espermatocitogénesis 12 II.3.2 Espermogénesis 12 II.3.3 Espermiación 12 II.3.4 Células de Sertoli y Células de Leydig 13 II.4  
 Métodos de Colección de Semen 13 II.4.1 Uso de vagina artificial 13 II.4.2 Electroeyaculación 14 II.4.3 Recolección Vaginal 15  
 II.4.4 Recuperación de espermatozoides de la cola del epidídimo 15 II.4.5 Hipnosis Eyaculadora 16 II.5 Comportamiento  
 Reproductivo del Cuy Macho 16 III. METODOLOGÍA 18 III.1 Ubicación 18 III.2 Animales Utilizados 19 III.3 Instalaciones 19 III.4  
 Materiales y Equipos 20 III.5 Manejo y Alimentación de los Animales 21

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
**FACULTAD DE ZOOTECNIA**

**“CARACTERÍSTICAS ESPERMÁTICAS Y TESTICULARES EN  
DOS EDADES Y TRES RAZAS DE CUYES”**

Tesis para Optar el Título Profesional de:

**INGENIERO ZOOTECNISTA**

Presentado por:

**FERNANDO JAVIER ORREGO VÁSQUEZ**

---

Mg.Sc. Próspero Cabrera Villanueva

Presidente

---

Ph.D. Gustavo Gutiérrez Reynoso

Miembro

---

Ing° Amalia Gallegos Cárdenas

Miembro

---

Mg.Sc. Enrique Alvarado Malca

Asesor

## **DEDICATORIA**

*Dedico este trabajo a mis padres Henry y Mariela por el apoyo incondicional brindado todos estos años, quienes con amor, disciplina, respeto, comprensión e integridad me sirvieron de ejemplo para formarme en la persona que soy.*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Mg. Sc. Enrique Alvarado, asesor de la presente tesis, quien con su paciencia y constante apoyo permitió el desarrollo y culminación del trabajo de investigación, y quien me dio el empujón necesario para dar mis primeros pasos en el ámbito profesional.

Al Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) por permitir el desarrollo de la presente investigación.

A la Ing. Lilia Chauca, coordinadora del Programa Nacional de Cuyes del INIA, quien con sus invaluable consejos y enseñanzas me brindó la oportunidad y el ambiente necesario para desarrollarme tanto como profesional como persona.

Al personal del Programa Nacional de Cuyes, en especial a la Ing. Fergie Bernaola y la MVZ. Meylin Huamán, con quienes se formó un gran equipo de trabajo y de investigación.

A mis padres Henry y Mariela y a mi hermano Rodrigo, que fueron mi motor y sustento apoyándome en toda meta planteada y quienes comparten mis alegrías y mis preocupaciones.

A mis compañeros en la etapa universitaria, en especial a Rudi, Zoar, Alexander, Álvaro y Joaquín, quienes estuvieron presentes en todo momento, formando una amistad más allá de las clases.

A Martha, quien me motivó a seguir adelante.

## ÍNDICE GENERAL

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1	Aspectos Generales	3
2.2	Aparato Reproductor Masculino del Cuy	6
2.2.1	Testículos	7
2.2.2	Sistema de Ductos	7
2.2.3	Glándulas Accesorias	9
2.2.4	Pene	10
2.3	Espermatogénesis	11
2.3.1	Espermatocitogénesis	12
2.3.2	Espermiogénesis	12
2.3.3	Espermiación	12
2.3.4	Células de Sertoli y Células de Leydig	13
2.4	Métodos de Colección de Semen	13
2.4.1	Uso de vagina artificial	13
2.4.2	Electroeyaculación	14
2.4.3	Recolección Vaginal	15
2.4.4	Recuperación de espermatozoides de la cola del epidídimo	15
2.4.5	Hipnosis Eyaculadora	16
2.5	Comportamiento Reproductivo del Cuy Macho	16
III.	METODOLOGÍA	18
3.1	Ubicación	18
3.2	Animales Utilizados	19
3.3	Instalaciones	19
3.4	Materiales y Equipos	20
3.5	Manejo y Alimentación de los Animales	21

3.6	Técnica Experimental	23
3.6.1	Manejo de los animales	23
3.6.2	Edades y Razas de los animales	23
3.6.3	Metodología del Experimento	24
3.6.3.1	Animales utilizados	24
3.6.3.2	Mediciones Testiculares	24
3.6.3.3	Evaluación Seminal	25
3.6.3.4	Histología Testicular	28
3.7	Parámetros a evaluar	30
3.8	Diseño Experimental	30
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
4.1	Parámetros Testiculares	32
4.2	Características Espermáticas	38
4.3	Histología Testicular	42
V.	CONCLUSIONES	52
VI.	RECOMENDACIONES	53
VII.	BIBLIOGRAFÍA	54
VIII.	ANEXOS	64

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Número de animales utilizados en la investigación	19
Tabla 2: Composición nutricional del alimento suministrado	22
Tabla 3: Edades y bases genéticas de los animales	23
Tabla 4: Dimensiones testiculares de cuyes utilizados según raza	32
Tabla 5: Dimensiones testiculares de cuyes utilizados según edad	32
Tabla 6: Pesos de los cuyes evaluados según raza	36
Tabla 7: Pesos de los cuyes evaluados según edad	36
Tabla 8: Correlación entre las variables peso vivo y dimensiones testiculares	37
Tabla 9: Recuento espermático y motilidad individual de los cuyes según raza	38
Tabla 10: Recuento espermático y motilidad individual de los cuyes según edad	38
Tabla 11: Correlación entre las variables peso vivo y características espermáticas	41
Tabla 12: Correlación entre las dimensiones testiculares y características espermáticas	42
Tabla 13: Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según raza	48
Tabla 14: Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según edad	49
Tabla 15: Correlación entre variables peso vivo y recuento de células testiculares	49
Tabla 16: Correlación entre dimensiones testiculares y recuento de células testiculares	50
Tabla 17: Correlación entre características espermáticas y células testiculares	51

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuy raza Perú	5
Figura 2. Cuy raza Andina	6
Figura 3. Cuy raza Inti	6
Figura 4. Ubicación del Programa Nacional de Cuyes	18
Figura 5. Equipos y materiales utilizados en el experimento	20
Figura 6. Aparato reproductor diseccionado del cuy macho	24
Figura 7. Testículos diseccionados de cuy	25
Figura 8. Procedimiento de “Swim Out”	26
Figura 9. Evaluación de motilidad individual progresiva	27
Figura 10. Evaluación de concentración espermática	28
Figura 11. Muestras conservadas en formol al 10%	28
Figura 12. Cámara fotográfica adaptada al microscopio utilizado en la evaluación	29
Figura 13. Corte histológico testicular	29
Figura 14. Peso testicular de los animales evaluados según raza y edad	33
Figura 15. Largo y ancho testicular de los animales evaluados según raza y edad	34
Figura 16. Volumen testicular de los animales evaluados según raza y edad	35
Figura 17. Recuento espermático de los animales evaluados según raza y edad	39
Figura 18. Motilidad individual progresiva de los cuyes evaluados según raza y edad	40
Figura 19. Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según raza y edad	44

Figura 20. Cortes histológicos testiculares en Raza Perú a las 16 y 14 semanas	45
Figura 21. Cortes histológicos testiculares en Raza Andina a las 16 y 14 semanas	46
Figura 22. Cortes histológicos testiculares en Raza Inti a las 16 y 14 semanas	46
Figura 23. Cortes histológicos testiculares en grupo Control a las 16 y 14 semanas	47

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Material fotográfico de testículos diseccionados	64
Anexo 2: Material fotográfico de recuento espermático	65
Anexo 3: Material fotográfico de conteo de células testiculares	66
Anexo 4: Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks modificado)	67
Anexo 5: Análisis estadístico ANOVA y prueba de Duncan	68
Anexo 6: Coeficiente y probabilidades de correlación	75
Anexo 7: Data de los animales evaluados	76

## RESUMEN

La crianza de cuyes ha tenido un desarrollo progresivo durante los últimos años, con criadores que buscan bases genéticas mejoradas que les permitan mejorar su productividad. El objetivo del presente estudio fue caracterizar el desarrollo testicular y los valores seminales de tres razas de cuyes y un grupo control mediante las mediciones testiculares, el recuento de células testiculares y la colección espermática de la cola del epidídimo. Se realizó en el Programa Nacional de Cuyes del Instituto Nacional de Innovación Agraria, utilizándose 40 machos beneficiados. Se diseccionaron los testículos para realizar las mediciones y cortes histológicos, y mediante el procedimiento del “swim out” se realizaron cortes en el epidídimo para colectar los espermatozoides. Los valores promedio de peso, largo, ancho y volumen testicular fueron 5.53g, 2.00cm, 1.59cm y 2.67cm<sup>3</sup> respectivamente. Se encontraron diferencias significativas entre razas para dimensiones testiculares, mostrando en general la raza Perú un mayor peso, ancho y volumen frente al grupo control, y es similar a la raza Andina. Con respecto a la edad, se hallaron diferencias entre las 14 y 16 semanas en el largo testicular. El valor promedio de recuento espermático fue de  $156.10 \times 10^6$  células/ml, y la motilidad individual fue de 45%. El grupo control tiene mayor motilidad individual frente a las tres razas, y entre edades se hallaron diferencias en el recuento espermático. Se evidenció presencia de espermatozoides en el túbulo en el 100% de los animales muestreados. Los valores promedios de espermatogonias, espermatocitos, espermátides, células de Sertoli y de Leydig fueron de 2765.00, 6772.00, 6542.50, 4022.50 y 1950.00 células/mm<sup>2</sup> respectivamente. Se observaron diferencias para las células de Sertoli entre razas, donde las razas Perú, Andina e Inti eran superiores al grupo control. Se obtuvieron correlaciones moderadas entre peso vivo y dimensiones testiculares, así como entre células de Sertoli con espermatocitos y espermátides.

**PALABRAS CLAVE:** Cuy, Testículo, Epidídimo, Raza Perú, Raza Andina, Raza Inti

## **ABSTRACT**

Guinea pig breeding has had a progressive development in recent years, with breeders looking for improved genetic bases that allow them to increase their productivity. The aim of this study is to characterize testicular development and seminal values of three guinea pig breeds (Perú, Andina and Inti) and a control group using testicular measurements, testicular cell counts and sperm collection from the tail of the epididymis. It was realized in the Programa Nacional de Cuyes of the Instituto Nacional de Innovación Agraria, using 40 slaughtered males. The testicles were dissected to realize measurements and histological cuts, and using the “swim out” procedure, the epididymis was cut to collect the spermatozoa. The average values of testicular weight, length, width, and volume were 5.53g, 2.00cm, 1.59cm and 2.67cm<sup>3</sup> respectively. Significant differences were found between breed for testicular dimensions, the Perú breed had greater weight, width and volume compared to the control group, and it is similar to the Andina breed. Differences were found between 14 and 16 weeks in testicular length. The average sperm count value was 156.10x10<sup>6</sup> cells/ml, and individual motility was 45%. The control group has greater individual motility compared to the three breeds, and differences were found between ages in sperm count. The presence of spermatozoa in the tubule was evidenced in 100% of the sampled animals. The average values of spermatogonia, spermatocytes, spermatids, Sertoli and Leydig cells were 2765.00, 6772.00, 6542.50, 4022.50 and 1950.00 cells/mm<sup>2</sup> respectively. Differences were observed for Sertoli cells between breeds, where the Perú, Andina and Inti breeds were superior to the control group. Moderate correlations were obtained between body weight and testicular dimensions, and between Sertoli cells with spermatocytes and spermatids.

**Keywords:** Guinea pig, testicle, epididymis, Perú breed, Andina breed, Inti breed

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, la crianza de cuyes ha tenido un desarrollo progresivo durante los últimos años, permitiendo el posicionamiento de la labor de la mujer en la economía familiar a nivel nacional. La ampliación de los mercados de consumo en las ciudades de sierra y el incremento de la población de costa por la migración producida en las últimas décadas originaron la necesidad de una tecnificación en la crianza de cuyes, para poder cubrir la demanda existente (Chauca *et al.*, 2005).

En la última década, la población se incrementó en 3,205,710 cuyes, reportándose al 2019 19,725,802 cuyes manejados por 817,847 productores (INEI, 2019). Existe predominancia del sistema familiar, sin embargo, ha habido un incremento del sistema familiar-comercial y comercial. Estos dos últimos aplican tecnología para mejorar su productividad, por ello buscan bases genéticas mejoradas que les permitan alcanzar este objetivo.

Mediante procesos de selección y seguimiento a una población cerrada de cuyes en el Instituto Nacional de Innovación Agraria desde 1972 (llamado entonces Dirección General de Investigaciones del Ministerio de Agricultura), se formaron 4 grupos de ecotipos regionales, los cuales fueron seleccionadas: (1) peso, (2) prolificidad, (3) peso corregido por índice de selección y (4) sin selección, actualmente reconocidos como raza Perú, Andina, Inti y genotipo Control (Chauca *et al.*, 2005).

Los programas de mejoramiento se ven influenciados por una amplia gama de factores y deben tener en cuenta las necesidades y prioridades de los productores, los consumidores de productos animales, el sector de la alimentación y también al público en general (FAO, 2010). En estos programas de mejoramiento genético, por lo tanto, es necesaria la aplicación

de tecnologías reproductivas para aumentar el número de descendientes machos con una calidad superior (Pond y Pond, 2006). Los estudios del semen de cuyes se vienen realizando desde la década de los 70. Se ha colectado semen mediante el uso de un electroeyaculador (Vivanco *et al.*, 1977; Benavides, 2012), por recuperación post-mortem de la cola del epidídimo (Mise, 2014; Solis y Chávez, 2015); sin embargo, son tecnologías poco desarrolladas en el ámbito productivo, donde no se disponen de los valores espermáticos en plantales élites de raza prolíficas (Andina e Inti), ni se ha visto una comparación con respecto a un grupo control u otra población. En la raza Perú se ha evaluado el desarrollo testicular y comportamiento reproductivo (López, 2010) y la caracterización espermática (Benavides, 2012), con ello se tiene la evaluación de una raza precoz utilizada como base genética paterna.

En este sentido, el presente trabajo pretende contribuir mediante la cuantificación de la cantidad espermática en el epidídimo y el desarrollo testicular con la finalidad de establecer una línea de base y un protocolo de una técnica eficaz que pueda utilizarse en el plantel seleccionado de cuyes mejorados y sentar las bases para futuras investigaciones sobre inseminación artificial en esta especie.

El objetivo del presente estudio fue caracterizar el desarrollo testicular y los valores seminales de las tres razas de cuyes y un grupo control mediante las mediciones testiculares, el recuento de células testiculares y la colección espermática de la cola del epidídimo.

## I. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Aspectos Generales

El cuy (*Cavia porcellus*), también conocido en Latinoamérica como curi, cuyo, cobayo o conejillo de indias, en países angloparlantes como guinea pig y en Africa como cavis, es un mamífero roedor originario de la zona andina del Perú, Ecuador, Colombia y Bolivia, países donde su carne es considerada por su alto valor biológico, lo que contribuye en dar seguridad alimentaria a la población rural de escasos recursos (Chauca, 1997). Es una fuente importante de ingresos económicos para los productores a través de la venta de animales para consumo de carne y reproductores (FONCODES, 2014). Su fácil manejo y rápida reproducción han hecho que su crianza se haya mantenido desde épocas antiguas hasta la actualidad (Moscoso *et al.*, 2015).

En los países andinos existe una población estable de más o menos 35 millones de cuyes (Chauca, 1997). Según el IV Censo Nacional Agropecuario (INEI, 2012), existía una población de 12,695,030 de cuyes a nivel nacional la cual se incrementó hasta 19,725,802 cuyes en 817,847 productores (INEI, 2019), siendo de esta manera Perú el país con mayor población de cuyes frente a Ecuador, Colombia y Bolivia.

La distribución de la población de cuyes es regional en Colombia (Pasto) y Bolivia (Cochabamba) y amplia en el Perú (costa y sierra) como en Ecuador (sierra), coexistiendo así tanto la crianza familiar, familiar-comercial o comercial. El sistema familiar permite la seguridad alimentaria de la familia y es el más difundido en la zona rural, en Cajamarca se registra el 43,9 % (Ortiz-Oblitas *et al.*, 2021). La crianza familiar en el tiempo se ha tecnificado. En Chota, la tecnificación de la crianza ha aumentado las crianzas familiares-comerciales (56 %), mientras que en otras zonas de Cajamarca predomina la crianza familiar (Bambamarca 55 % y Cutervo 46 %) (FIDA y AGROSAVIA, 2019).

El sistema familiar-comercial nace de una crianza familiar tecnificada, ya que los excedentes de la producción, luego de ser utilizados para el consumo familiar, se destinan a la venta, generando pequeños ingresos. La crianza comercial invierte recursos económicos (infraestructura, genética, alimentación, bioseguridad y mano de obra) y su objetivo es obtener un producto económicamente rentable (Ataucusi, 2015).

Por su capacidad de adaptación a diversos ecosistemas (climas entre fríos y templados), los cuyes pueden encontrarse desde la costa hasta alturas de 4500 metros sobre el nivel del mar. Su productividad siempre dependerá de la disponibilidad de alimento e instalaciones adecuadas para mitigar el efecto frío o calor.

Actualmente, existe gran demanda tanto en el mercado local, regional y nacional. De la misma manera, la demanda internacional tiene un gran éxito y cada vez va en aumento, atribuido a su calidad nutricional y a la palatabilidad, pero sobre todo por el hábito de consumo de personas migrantes (Chauca, 2019). Si bien los volúmenes de exportación no son grandes, Perú es el mayor exportador de carne de cuy, participando con el 71,3% en el mercado exterior; seguido de Ecuador con el 28,7%. Perú inició sus exportaciones de carne de cuy en el año 1994, con un envío de 132 kilogramos, alcanzando en el 2018 un volumen de 9 958 kilogramos (MINAGRI, 2019), habiendo sido ya considerado el cuy como producto bandera a fin de ser promovido en el contexto nacional e internacional. (Moscoso *et al.*, 2015)

El éxito en la crianza de cuyes está determinado por la demanda de su carne y la respuesta productiva que los criadores sean capaces de generar (Chauca, 2019). Para hacer competitiva la crianza de cuyes se promueve la adopción de tecnología, lo que implica utilizar animales precoces y/o prolíficos con eficiente conversión alimenticia y altos índices productivos. Por ello, desde el año de 1972 se viene realizando un proceso de mejoramiento genético y formación de razas a fin de incrementar la producción y productividad para mejorar el nivel socio-económico y dar seguridad alimentaria a los sectores rurales (Chauca, 2005). El cuy mejorado es sometido a procesos de selección, orientados a obtener cuyes con alta productividad. La selección de los parámetros corresponde a los considerados de mayor importancia económica como son el peso y el número de crías por camada, ambos de fácil medición y ligadas estas a la precocidad y prolificidad. (Chauca, 2005). Dicha selección ha dado origen a las razas Perú, Andina e Inti.

La raza Perú se considera una raza de conformación cárnica, por lo que puede ser utilizada en un cruce terminal para ganar precocidad. Alcanzan su peso de comercialización a las 8 semanas, y poseen un porcentaje de fertilidad a los 56 días del 98%. Su conversión alimenticia es de 3.03 mediante un sistema de alimentación mixto. Su tamaño de camada promedio de cuatro partos es de 2.61, con una eficiencia de presentación de celo post partum del 54.55%. (Chauca, 2015). El color de su capa es Alazán con blanco presentando combinado o fajado; corresponde al Tipo 1 por su pelo liso. Puede o no tener remolino en la cabeza, con orejas caídas y ojos negros; aunque existen individuos con ojos rojos. No es un animal polidáctilo, existe predominancia de animales con cuatro dedos en los miembros anteriores y tres en los posteriores. Su rendimiento de carcasa llega al 73% habiéndose registrado una mayor masa muscular, y su relación músculo hueso es mejor que las otras razas, con un valor de 5.6:1 (Chauca, 2005)



**Figura 1. Cuy raza Perú**

La raza Andina presenta excelentes características reproductivas, como mayor tamaño de camada al nacimiento con un valor de 3.4 crías promedio, una mayor frecuencia de presentación de celo posparto, alcanzando un 78% y menor intervalo entre partos, respecto a otras razas de cuyes, además de una curva de producción de leche más prolongada, hasta 19 días. Logra mayor peso total de camada al nacimiento y destete comparado con la raza Perú e Inti. (Chauca, 2015). Tiene un color blanco de pelaje debido a la selección efectuada, con un pelaje liso (tipo 1), sin remolinos, con orejas grandes y caídas. Posee cuatro dedos en miembros anteriores y tres en patas y un color de ojos negro. (Chauca, 2005).



**Figura 2. Cuy raza Andina**

La raza Inti se seleccionó mediante un índice que involucra el peso tomado a la edad de comercialización y el número de crías de procedencia del individuo. El color del manto es bayo-blanco, con cuatro dedos en las manos y tres en las patas. El color de sus ojos es siempre negro. (Chauca, 2005)



**Figura 3. Cuy raza Inti**

## **2.2 Aparato Reproductor Masculino del Cuy**

El aparato reproductor del macho está conformado por:

### **2.2.1 Testículos**

Los testículos son un par de órganos parenquimatosos extra abdominales de forma ovalada y de color rojo-rosado pálido, cranealmente relacionados a un cuerpo graso y dorsalmente relacionado al epidídimo (Cooper y Schiller, 1975). Están situados en la región perineal (Stan, 2015) y son los responsables de la producción de espermatozoides y secreción de andrógenos, particularmente la testosterona que interviene en la diferenciación sexual, crecimiento y funcionamiento normal de los órganos sexuales primarios y secundarios del macho (Acaupiña y Marín, 2016). Según lo reportado por Valencia (1978), en cuyes criollos mide 1 cm de largo y 0.5 cm de diámetro. López (2010) reporta un peso de los testículos de 2.56 g a las 12 semanas, y con un largo testicular de 2.3 cm y ancho testicular de 1.6 cm.

Los testículos están envueltos por dos capas: la túnica vaginalis (capa externa) y la túnica albugínea (capa bajo la túnica vaginalis). Al corte transversal, los testículos presentan divisiones conocidos como lobulillos, los cuales a su vez se hallan constituidos por la agrupación de varios túbulos seminíferos (Aliaga *et al.*, 2009). A lo largo de estos túbulos seminíferos están presentes capas de células germinales, tejido conectivo y células de Leydig. Las células de Leydig tienen como función la producción de testosterona. El epitelio tubular de los túbulos seminíferos consiste en dos tipos de células especializadas: Las células de Sertoli y las células espermatogénicas. Estas células espermatogénicas se dividen varias veces en un proceso de diferenciación para producir esperma, proceso que es denominado como espermatogénesis. (Androma y Khasanah, 2017)

### **2.2.2 Sistema de Ductos**

También conocidas como vías espermáticas, constituyen las vías excretoras del esperma y comprenden desde los conductos seminíferos hasta la uretra. El sistema de ductos para la salida del semen está compuesto por los túbulos rectos, la rete testis y los ductuli eferentes, y el epidídimo, el conducto deferente y los conductos eyaculadores (Aliaga *et al.*, 2009)

Los túbulos rectos son los conductos excretores provenientes de los túbulos seminíferos que se encuentran unidos en cada lobulillo. La cantidad de túbulos rectos es igual a la cantidad de lobulillos presentes (Aliaga *et al.*, 2009). La rete testis es una red formada por los túbulos seminíferos que entran al mediastino y se relacionan unos con otros. La rete testis posee dos

regiones: una superior, altamente vascularizada, y otra inferior, con abundantes vasos espermáticos. La secreción de la rete testis es elevada en concentraciones de testosterona.

En la zona craneal del mediastino testicular hay entre 6 a 12 ductos denominados ductuli eferentes, los cuales conectan a la rete testis con el epidídimo. El epitelio de los ductuli eferentes está compuesto por dos clases de células denominados células basílicas y células aciliadas, las cuales presentan una actividad secretora. Dichas secreciones son fundamentales en el proceso de madurez del esperma en el epidídimo.

El epidídimo es un tubo fino, largo y contorneado de color blanquecino (Valencia, 1978) cumple tres funciones importantes: Almacena gametos, madura los espermatozoides y participa en la composición del semen. Está dividido por tres segmentos histológicamente diferenciados: La cabeza, el cuerpo y la cola. Las células epiteliales estratificadas columnares varían en tamaño según la porción del epidídimo, lo cual tiene una influencia en la madurez del esperma y el sistema locomotor del mismo debido a la regulación del ambiente testicular, que termina influyendo en la capacidad fecundante del animal. Los dos primeros segmentos del epidídimo se encargan de la maduración de los espermatozoides, mientras que el terminal se destina a su almacenamiento, donde pueden conservar la capacidad fecundante por varias semanas (Hafez, 1989). Externamente, el epidídimo rodea al testículo y es cubierto por un tejido adiposo. (Stan, 2015)

El vaso o conducto deferente continúa al epidídimo, sirve como un espacio de almacenamiento debido a la inactividad y bajo estado metabólico de los espermatozoides allí presentes, subsistiendo varios días en esta zona. Es de forma tubular con diámetro de 1.5 a 2 mm y de 4 a 5 cm de longitud (Valencia, 1978). En su extremo, el vaso deferente forma una curva llamada ámpula. (Androma y Khasanah, 2017). Al momento de la eyaculación, impulsan los espermatozoides desde el epidídimo al conducto eyaculador de la uretra prostática (Frandsen, 1988). El conducto eyaculador está formado por la unión del conducto deferente, atraviesa la próstata y desemboca en la uretra

### 2.2.3 Glándulas Accesorias

Las glándulas anexas del sistema reproductor del cuy están compuestas por dos pequeñas glándulas bulbouretrales, una próstata, dos glándulas ampulares, las glándulas prepuciales, dos glándulas coaguladoras, dos vesículas seminales y una glándula caudal. (Vásquez y Del Sol, 2010, Androma y Khasanah, 2017).

Las glándulas bulbouretrales son un par de órganos de forma ovoide blanquecino, aplanados latero medialmente (Valencia, 1978). Están situadas en el diafragma urogenital y desembocan en la porción proximal de la uretra. Cada glándula tiene un lóbulo con una unidad secretora tubuloalveolar. Tienen forma de arveja y por acción del músculo liso entre los lóbulos elimina una sustancia mucilaginosa, que ayuda en la lubricación de la uretra (Androma y Khasanah, 2017).

La próstata es una glándula de forma lobular, mide 19 mm de largo por 9 mm de ancho y cubre la uretra debajo de la vejiga, abriéndose mediante varios conductos excretores. Está recubierta por una serosa que contiene numerosas ramificaciones tubulares color claro que le confieren una coloración blanquecina (Valencia, 1978). La secreción contiene gran cantidad de glicoproteínas, fosfatasa ácida, prótidos, lípidos, hexosas y enzimas (Acaupiña y Marín, 2016), y son almacenadas hasta ser liberadas durante la eyaculación. En roedores, es un fluido ácido de pH 6,5, conocido por la completa ausencia de azúcares reductores y la presencia de fibrinolisisina, diesterasa y glucoronidasa, responsables de la mucólisis del semen, coagulado previamente por las vesículas seminales, contiene también ácido cítrico (Marberger y Marberger, 1962). Al igual que las vesículas seminales, la estructura y función de la próstata depende de los niveles de testosterona en el individuo. (Androma y Khasanah, 2017).

Las glándulas ampulares son un par de glándulas accesorias localizadas al final del vaso deferente. Produce lípidos y glucógenos y se diferencia de la próstata por un denso estroma muscular fibroso que las rodea. (Androma y Khasanah, 2017).

Las glándulas prepuciales se encuentran en la zona distal del pene. En machos inmaduros esta glándula no funciona todavía, mientras que en adultos produce una secreción que sirve como un lubricante durante la cópula (Androma y Khasanah, 2017).

Las glándulas coagulantes permiten la coagulación de la secreción de las vesículas seminales haciendo que se forme el tapón vaginal luego de la eyaculación, este tapón impide el reflujó del semen y puede observarse luego de unas horas al eliminarse a través de la vagina, lo que permite confirmar la cópula (Acaupiña y Marín, 2016).

Las vesículas seminales son dos glándulas alargadas que tienen 12 cm de largo y 6 mm de diámetro en su parte media, de forma tubular y de color blanco traslúcido, originados en la uretra y finalizando en cortos apéndices laterales (Valencia, 1978). La mayor parte del contenido líquido del semen es proporcionada por éstas (Acaupiña y Marín, 2016). Las vesículas seminales proporcionan fructosa, que sirve como la mayor fuente de energía de los espermatozoides, y prostaglandinas que estimulan la contracción del músculo liso, tanto en machos para la eyaculación, como en hembras, permitiendo el transporte de los espermatozoides por el oviducto para la fertilización. El aporte producido por las vesículas seminales comprende más de la mitad del volumen total del eyaculado, ayuda a llevar el espermatozoides por la uretra y diluye la densa masa espermática aumentando así la motilidad. (Akbar, 2010).

Aproximadamente un centímetro por encima del ano, el cual presenta un cúmulo de glándulas sebáceas llamado glándula caudal que se usa para marcar territorio y atracción sexual (Acaupiña y Marín, 2016). Tiene su tamaño una relación directamente proporcional con la edad del animal (Lozano, 2015).

#### **2.2.4 Pene**

El pene es el órgano masculino de la cópula, con forma de herradura y una longitud total de 4 cm, incluyendo el glande (Valencia, 1978). El glande del pene (Glans penis) es de forma cilíndrica, mide aproximadamente 1.6 cm de longitud y 0.6 cm de diámetro en el adulto (5

meses de edad). El glande se dirige en caudal, representa el extremo libre del órgano copulador y se encuentra ocupando la cavidad prepucial. El extremo del glande es redondeado, en la superficie dorsal se observa una fisura en sentido longitudinal y otra en sentido transversal, en donde se abre el orificio uretral externo. El saco del glande se encuentra dorsal a este último. (Márquez, 2007)

El pene está compuesto por tres tejidos cilíndricos y eréctiles. Dos de esos cilindros son un par de cuerpos cavernosos localizados adyacentes al dorsal, mientras La superficie externa está poblada de pequeñas escamas córneas, de borde convexo, fino y aserrado dirigidas en craneal. En la superficie dorsal se acentúa el número de escamas dispuestas en sentido transversal, con su borde libre dirigidas en craneal. En la superficie ventrolateral se observa la presencia de escamas desarrolladas y alargadas dispuestas longitudinalmente y paralelas entre sí con el borde libre convexo y aserrado dirigidas en sentido dorsocraneal.

En el interior del saco del glande se observa un par de procesos estiloides, de naturaleza córnea que se originan en la base del saco. Los procesos estiloides son de color blanquecino, que con el avance de la edad aumentan en longitud, diámetro y consistencia. (Márquez, 2007)

### **2.3 Espermatogénesis**

Las células germinales, también llamadas células madre o espermatogonias, junto con las células de Sertoli, constituyen el epitelio que reviste los túbulos seminíferos. (Hafez, 1989). Las espermatogonias son las células espermatogénicas más inmaduras junto a la membrana basal, redondas y con el núcleo redondo (Bacha y Bacha, 2001). Las espermatogonias experimentan una serie de divisiones celulares en dirección a la luz del tubo conocida como espermatogénesis. Noller *et al.* (1977) calculó, mediante el uso de la técnica de autoradiografía de timidina tritiada, el ciclo espermatogénico del cuy en 8.45 días

### **2.3.1 Espermatocitogénesis**

Durante el proceso de la espermatocitogénesis las espermatogonias diferenciadas durante la pubertad (conocidas como AO) sufren de un proceso de proliferación celular, formando así las espermatogonias A1, A2, A3, A4, In y B. Las espermatogonias B se dividen al menos una vez para formar a los espermatocitos primarios, quienes vuelven a sufrir de una división para la formación de los espermatocitos secundarios (Hafez, 1989). Los espermatocitos primarios son células más voluminosas con núcleos con cromatina nítida, mientras que los espermatocitos secundarios, difícilmente distinguibles en los preparados debido a la celeridad de su división siguiente. (Bacha y Bacha, 2001). Todos los procesos de división de espermatogonias hasta espermatocitos incluyen la replicación del DNA. Luego de este proceso se lleva a cabo una división celular adicional sin replicación del DNA dando lugar a las espermatídes, células con carga haploide (Hafez, 1989). Las espermatídes tienen forma esférica y núcleos pálidos, formando grupos celulares cerca de la luz del túbulo (Bacha y Bacha, 2001).

### **2.3.2 Espermiogénesis**

Mediante una serie de cambios morfológicos, como la condensación de la cromatina, la formación de la cola y el desarrollo del acrosoma, las espermatídes se transforman en espermatozoides, en un proceso denominado espermiogénesis. Las fases de la espermiogénesis son: Fase de Golgi, fase de encasquetamiento, fase acrosómica y fase de maduración. Al final de la fase de maduración, las células de Sertoli actúan sobre las células haploides para formar el citoplasma restante y que estén listos para su salida a la luz tubular (Hafez, 1989).

### **2.3.3 Espermiación**

La espermiación es la liberación de las células germinales producidas al interior de los túbulos seminíferos, luego del proceso de espermiogénesis. Resultado de este proceso, las células de Sertoli fagocitan los residuos celulares y las células germinales degeneradas para

reciclar los componentes protoplasmáticos. El proceso espermatogénico es muy ineficiente, por lo que la cantidad de células germinales degeneradas es bastante alta (Hafez, 1989). A partir de la semana 6 se ha reportado presencia de espermatozoides en la luz del túbulo (Nunes *et al.*, 2017).

#### **2.3.4 Células de Sertoli y Células de Leydig**

Las células de Sertoli o sustentaculares contribuyen con la nutrición de las células espermatogónicas y cumplen una función de sostén dentro del túbulo. Son grandes y claras. Sus citoplasmas son difusos y no están bien definidos sus límites. Se encuentran en menor cantidad que las células espermatogónicas, y se encuentran desde la membrana basal hasta la luz del túbulo. Las células de Leydig o intersticiales secretan hormonas masculinas que influyen en la espermatogénesis (Hafez, 1989). Tienen un núcleo esférico y un citoplasma acidófilo espumoso, y se presentan fuera de la membrana basal de los túbulos seminíferos. (Bacha y Bacha, 2001).

### **2.4 Métodos de Colección de Semen**

La colección de semen es una técnica individual de importancia primordial en un programa de inseminación artificial. Cuando los machos son alimentados y manejados adecuadamente, es posible coleccionar semen de calidad. Las principales ventajas de un correcto modelo de inseminación artificial son: mejoramiento genético, control de enfermedades de transmisión sexual, disponibilidad de registro de apareamiento adecuados, servicio económico y seguridad a través de la eliminación de machos no deseados (Hafez, 1989).

Los principales métodos de colección de semen son:

#### **2.4.1 Uso de vagina artificial**

Las montas vivas con el uso de vagina artificial son las técnicas más exitosas para la colecta de semen. (Hafez, 1989). La vagina artificial suele emplearse con toros, sementales equinos, moruecos y machos cabríos. Previamente estos animales deben estar entrenados para montar

a otros animales o a un maniquí, donde usualmente se utiliza a una hembra en celo para entrenarlos. Al momento de la monta, el pene del macho es separado e introducido en la vagina artificial, la cual es un tubo con extremo abierto que simula la vagina de la hembra, manteniéndose a temperatura corporal adecuada y lubricada (Pond y Pond, 2006).

En cuyes, Amantea (1920) desarrolló un primer modelo de vagina artificial, muy simple, con un tubo de 5 cm de largo y 8-9 mm de diámetro, logrando colectar las eyaculaciones de machos amaestrados. Castro *et al.* (2019) desarrolló una vagina artificial de tubo PVC con rosca en ambos extremos, de 4 cm de largo y 3 cm de ancho, con aperturas en ambos lados, con una funda de latex de 6 cm de largo, permitiendo el ingreso de agua temperada y presión. En esta vagina estaba ubicada en un maniquí recubierto con piel curtida de cuy con un sistema de amortiguaciones en las patas traseras, y un termostato que permitía mantener la temperatura de la vagina artificial constante en el tiempo. Sin embargo, no se reportaron resultados de eficiencia de monta.

#### **2.4.2 Electroeyaculación**

La electroeyaculación es uno de los métodos más frecuentes en la colecta de semen. Dicha técnica puede ser utilizada en animales no entrenados previamente, típicamente en vacunos, ovinos y caprinos. Consiste en insertar un electrodo en el recto del macho donde una corriente pulsátil estimula la eyaculación de forma involuntaria (Pond y Pond, 2006).

Freund (1958) registró el aparato y método a utilizarse para una colección regular de semen de cuy mediante electroeyaculación. El electrodo anal fue un tubo liso de 0.4 cm de diámetro y 8 cm de longitud. El número de estímulos eléctricos requeridos fue de cinco, en un rango de 3 hasta 14 impulsos. Se indicó que el semen se coagulaba casi instantáneamente e incluso, se registró que el esperma era eyaculado ya en forma de coágulo, lo cual indicaba es posible que se coagule en la uretra del animal.

La primera electroeyaculación de cuyes en territorio nacional se llevó a cabo en la Estación Experimental Agropecuaria La Molina, por Vivanco *et al.* (1977). Con estímulos eléctricos de ocho voltios de corriente alterna durante tres segundos de aplicación por diez de descanso, mediante un electrodo bipolar rectal en la que un polo ocupa la punta del electrodo y el otro todo el cuerpo de éste, el cual es lubricado con vaselina líquida e insertado a un nivel de 5 a

6 cm en el recto. El dilutor que ofreció mejores resultados fue el Trisglicerinado, quien mantuvo viables a los espermatozoides por quince días a una temperatura de 4° C.

Uno de los últimos trabajos en electroeyaculación en territorio nacional fue realizado por Benavides (2012), sin embargo, los resultados mostraron un alto coeficiente de variación en el volumen y concentración espermática, debido a que los impulsos eléctricos estimulan las glándulas anexas del aparato reproductor del macho ocasionando la mayor liberación de secreciones seminales (vesícula seminal, principalmente).

### **2.4.3 Recolección Vaginal**

Los primeros reportes de recolección vaginal fueron por Amantea (1920), mediante el sacrificio de las hembras después de la monta, recuperando el eyaculado del tracto genital lavando cuidadosamente y luego contando los espermatozoides en el líquido de lavado. Asimismo, Ángeles (1976) por medio del uso de jeringas, reportó investigaciones donde se recogió las eyaculaciones de vaginas de hembras parcialmente histectomizadas y con un aporte de estrógeno inyectable, sin necesidad de sacrificarlas.

### **2.4.4 Recuperación de espermatozoides de la cola del epidídimo**

Ángeles (1976) describió los primeros reportes de la colección del material seminal post mortem en cuyes de la cola del epidídimo, como primer reporte de la técnica realizada en cuyes de laboratorio. Asimismo, afirma que la colección del testículo, epidídimo o conductos deferentes es muy peligrosa para la vida del animal, sobre todo si se repite la operación debido a la acción traumatizante de la punción. Debido al estado de maduración de del espermatozoide próximo a la ampolla de Henle, es recomendable colectarlo de la cola del epidídimo.

Mise (2014) realizó una recuperación de espermatozoides de animales sacrificados. En la investigación se utilizó 20 pares de testículos sexualmente maduros. Para la recolección del semen se diseccionó la cola del epidídimo con varios cortes profundos y luego se realizó un lavado con 0.5 ml de diluyente. La solución debe caer sobre una caja Petri previamente temperada a 32° C y permaneciendo sobre una plancha térmica, para su posterior evaluación. El semen colectado por esta metodología presentó las siguientes características: semen de

color blanco lechoso con concentración que varía entre los 23 millones y 28 millones de espermatozoides por ml y un pH de 7, con una mortalidad de 7%, movilidad de 73% y una morfología de anormales de 30%.

Por otro lado, Solis y Chávez (2015) utilizaron semen recuperado de la cola del epidídimo post-mortem con la finalidad de lograr fertilización in vitro, obteniendo buenos resultados. Tapia y Tello (2016) anestesió a los animales por vía parenteral, para recuperar los espermatozoides sin necesidad de matar al animal. El epidídimo fue aislado del testículo diseccionado, para posteriormente ser seccionado y diluido con refinosa y leche descremada, incubándosele por 30 minutos en un proceso denominado swim out, concluyendo que la calidad y cantidad espermática es mejor en cuyes no mejorados y de edad joven. Asimismo, Quispe (2018) comparó la calidad espermática de dos bases genéticas de cuyes mediante el uso de la misma metodología.

#### **2.4.5 Hipnosis Eyaculadora**

La hipnosis eyaculatoria consiste en provocar una excitación cortical sin llegar a la narcosis, proporcionando un estado de excitación para provocar la eyaculación. Al ser un proceso anormal, la composición del esperma se ve alterada, siendo este incompleto, con escasa posibilidad de supervivencia y capacidad fecundante, además de constituir un peligro para la vida del animal (Ángeles, 1976). Suzuki (1952) logró eyaculaciones al inyectar éter en roedores de laboratorio.

### **2.5 Comportamiento Reproductivo del Cuy Macho**

La libido es la motivación sexual de los sementales hacia las hembras, la cual depende básicamente de la producción de testosterona por parte de los testículos en función de la edad, encontrándose diferencias por razas.

Los primeros reportes de comportamiento reproductivo en machos fueron reportados por Avery (1925), donde definió 4 características principales: persecución activa, monta, eyaculación y lamido de los genitales.

López (2010), con la finalidad de evaluar la libido en machos y su momento óptimo de pubertad, reunió a un macho con tres hembras en una poza neutral. El tiempo de reunión fue de un máximo de 20 minutos y un mínimo de 10, cuando hubo monta efectiva. Este comportamiento fue descrito por medio de los siguientes eventos: caminata de cortejo (1 punto), persecución de hembra con afán de monta o rechazo por esta actividad (3 puntos), cortejo con movimiento de tren posterior o ronroneo (5 puntos), lamido u olfateo de la región perineal y vulvar (5 puntos) e intento de monta o monta (10 puntos). La puntuación final se calculó mediante la sumatoria de la frecuencia multiplicada por el puntaje de cada actividad.

La caminata aparece como una actividad común a todas las edades. El movimiento del tren posterior y/o ronroneo, la persecución del macho a la hembra, el lamido u olfateo a la hembra por el macho y los intentos de monta se incrementan con la edad de los machos. El puntaje final de la libido de los cuyes machos raza Perú manifiesta una tendencia que se incrementa conforme avanza la edad (López, 2010)

## II. METODOLOGÍA

### 3.1 Ubicación

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones del Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA), Programa Nacional de Investigación en Cuyes (PNI Cuyes) – CELM situado en el distrito de La Molina-Lima, localizado a  $76^{\circ} 56' 40''$  (longitud oeste) y  $12^{\circ} 4' 27''$  (latitud sur), con una altura de 241 metros sobre el nivel del mar. La fase experimental del estudio se ejecutó durante un periodo de 8 meses iniciándose en el mes de mayo del 2020 y culminando en el mes de diciembre del 2020, en las estaciones de otoño, invierno y primavera.



**Figura 4. Ubicación del Programa Nacional de Cuyes (Fuente: Google Earth)**

### 3.2 Animales Utilizados

Para el presente estudio se utilizaron: 5 cuyes machos correspondientes a las bases genéticas PPD razas Perú, Andina e Inti más una muestra control con una edad de 14 semanas, y 5 machos igualmente de las mismas bases genéticas de 16 semanas de edad. Todos los animales fueron muestreados aleatoriamente de los progenitores manejados en el galpón 1, y se mantuvieron en el galpón 2 hasta las 8 semanas o edad de selección del Programa Nacional de Cuyes del Instituto Nacional de Innovación Agraria C.E. La Molina.

Los cuyes fueron beneficiados en el Laboratorio de Reproducción del PNI Cuyes para la toma de muestras correspondientes.

**Tabla 1: Número de animales utilizados en la investigación**

<b>Base Genética</b>	<b>14 semanas</b>	<b>16 semanas</b>
<b>Perú</b>	5	5
<b>Andina</b>	5	5
<b>Inti</b>	5	5
<b>Control</b>	5	5

### 3.3 Instalaciones

Los animales seleccionados para el estudio provinieron de una crianza tecnificada destinada para investigación. Estos animales estaban alojados en galpones de material noble con pisos de cemento, diseñados para un clima de costa, con techos elevados y paredes bajas que permiten una ventilación adecuada. Los animales estaban ubicados en pozas individuales de 0.5 x 1 m (área/animal 0.5 m<sup>2</sup>) desde el periodo de 8 semanas hasta la edad de evaluación, con pocillos de arcilla para el agua y la comida de capacidad de 0.5 l. Los ejemplares de cuyes objeto del estudio fueron trasladado posteriormente al Laboratorio de Reproducción del Programa Nacional de Cuyes en jabs de transporte.

El Laboratorio cuenta tanto con un área para el beneficio de los animales como un área de trabajo donde se diseccionan los órganos requeridos, y se utiliza el equipo necesario para conservar las muestras y evaluarlas en el microscopio.



**Figura 5. Equipos y materiales utilizados en el experimento**

### **3.4 Materiales y Equipos**

Para el beneficio y extirpación de los testículos de los animales se utilizó un equipo de disección (bisturí, tijera, pinza). Para simular la temperatura corporal del animal, los testículos se colocaron en placas Petri sobre una placa térmica que mantiene la temperatura a 38.5° C, y permite separar la cola del epidídimo del testículo y realizar los cortes transversales. Se utilizó suero fisiológico para coleccionar los espermatozoides por el método denominado “Swim Out”, según el procedimiento señalado por Boersma *et al.* (2015), y replicado por Tapia y Tello (2016), y mediante una pipeta micrométrica marca Boeco, se colocó en láminas portaobjetos para evaluar motilidad y en una cámara de Neubauer para evaluar concentración espermática. Para las mediciones testiculares, se usó una balanza digital con capacidad de 10 kg y sensibilidad de 0.1 g y papel milimétrico. El proceso fue registrado con una cámara fotográfica digital.

### 3.5 Manejo y Alimentación de los Animales

Los cuyes manejados en el programa de mejoramiento genético son identificados con aretes de aluminio numerados, en la oreja izquierda en hembras y en la oreja derecha en machos. Toda la información del animal es registrada en una base de datos manual desde el momento de su nacimiento, señalando las características fenotípicas y parámetros productivos, así como su genealogía. Los animales son destetados a las 2 semanas de edad, controlando el peso tanto de la cría como de la madre para evaluar el crecimiento de la cría como la merma por lactancia de la madre. Se procede a separarlos por sexo y ubicarlos en el galpón de levante para continuar su control de pesos.

Se realizan controles de peso al destete, a las 4 (cría), 6 (pre selección) y 8 (selección) semanas de edad o edad de comercialización, donde son separados los mejores ejemplares según los criterios de selección que tenga la raza o base genética. En el caso de la raza Perú son seleccionados por precocidad, mientras que la raza Andina es seleccionada por prolificidad. La raza Inti, en cambio, por un índice de selección ponderando el tamaño total de camada. La base genética control no tiene ningún criterio de selección, debido a que se busca mantener la genética sin efecto de selección artificial. Ya seleccionados los reproductores, se espera hasta la edad de empadre, que en hembras es a las 8 semanas (Chauca *et al.*, 2015b), mientras que en machos es a partir de las 12 semanas (López, 2010).

La relación de empadre se realiza de 1 macho con 6 hembras, aumentando o reduciendo la densidad como estrategia ya sea para mitigar el estrés calórico en las estaciones de primavera o verano, o incrementar la dispersión genética en granja cuando hay mayor población élite. El sistema de empadre es continuo, tratando de aprovechar el celo post parto y buscando reducir el intervalo entre partos

El tiempo de vida productiva de los animales es de nueve meses (tres pariciones). El incremento de peso de las reproductoras se da hasta el tercer parto, no mejora su tamaño de camada (Chauca *et al.*, 2015a), sanitariamente después del tercer parto se incrementa

la mortalidad (Becerra, 2018), las reproductoras sobrevivientes pesan más, consumen más por lo que sus crías alcanzan mayor costo (Chauca *et al.*, 2019). Después de la evaluación de su vida productiva, los mejores reproductores son seleccionados para que conformen un plantel de la generación de abuelas. La limpieza de las pozas y los materiales de crianza se realizaba de forma regular, así como la desinfección con Virkon S al 1%.

El sistema de alimentación utilizado en el Programa Nacional de Cuyes del Instituto Nacional de Innovación Agraria es el mixto, suministrándose maíz chala en el adecuado estado fenológico, así como alimento balanceado ad libitum. El alimento balanceado integral reproductor, en base a una fórmula, es peletizado con 10 mm de longitud y 4.5 mm de diámetro, de color marrón y sin olores extraños

**Tabla 2: Composición nutricional del alimento suministrado**

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Energía Digestible	2.9 Mcal/kg
Proteína	19.0 %
Fibra Bruta	10.0 %
Lisina	0.84 %
Metionina – Cisteína	0.6 %
Triptófano	0.18 %
Treonina	0.6 %
Arginina	1.2 %
Calcio	0.8 %
Fósforo Total	0.8 %
Sodio	0.2 %
Ácido Ascórbico	15.0 mg/100 g

## 3.6 Técnica Experimental

### 3.6.1 Manejo de los animales

Los cuyes listos para la evaluación se les ubicó en el bioterio de reproducción en jaulas de 3 pisos de 1.0 m x 0.6 m (0.6 m<sup>2</sup>) con altura de 0.3 m. Debido a la capacidad operativa de trabajo, se mantenían hasta 3 animales en las instalaciones del bioterio. Se les suministró una alimentación mixta proporcionada ad libitum, además de disposición de agua potable.

### 3.6.2 Edades y Razas de los animales

Para la evaluación de los machos se consideraron dos edades y 4 bases genéticas:

**Tabla 3: Edades y bases genéticas de los animales**

<b>Bases Genéticas</b>	<b>Edades</b>
Perú	14 semanas
	16 semanas
Andina	14 semanas
	16 semanas
Inti	14 semanas
	16 semanas
Control	14 semanas
	16 semanas

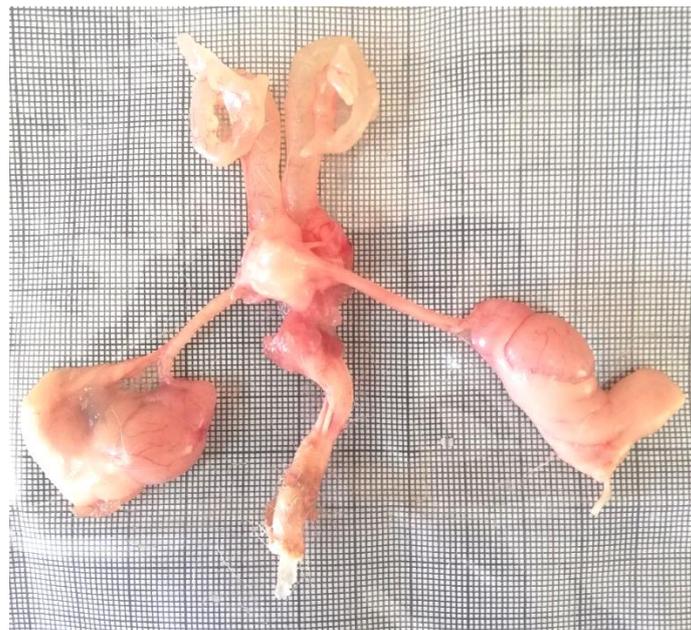
### **3.6.3 Metodología del Experimento**

#### **3.6.3.1 Animales utilizados**

Cada unidad experimental contó con cinco cuyes machos, siendo en total 40 animales evaluados, de dos edades y cuatro bases genéticas, para mediciones testiculares, motilidad y concentración espermática y desarrollo histológico testicular. Los animales seleccionados para la evaluación no tenían lesiones ni problemas sanitarios.

#### **3.6.3.2 Mediciones Testiculares**

Se sacrificaron los animales a evaluar, luego se realizó una incisión longitudinal en la zona inguinal del animal, colectando los testículos previo corte de los vasos deferentes. Los testículos fueron pesados con la grasa testicular y sin ella. Asimismo, los testículos fueron medidos con un Vernier y colocados en una hoja milimétrica encima de una placa térmica para corroborar las medidas de longitud y ancho del mismo.



**Figura 6. Aparato reproductor diseccionado del cuy macho**



**Figura 7. Testículos diseccionados de cuy**

### **3.6.3.3 Evaluación Seminal**

Para la evaluación seminal, se diseccionaron asépticamente los vasos deferentes y la cola de los epidídimos eliminando todos los restos de grasa mediante un corte con tijera mayo recta y la limpieza de los restos de sangre.

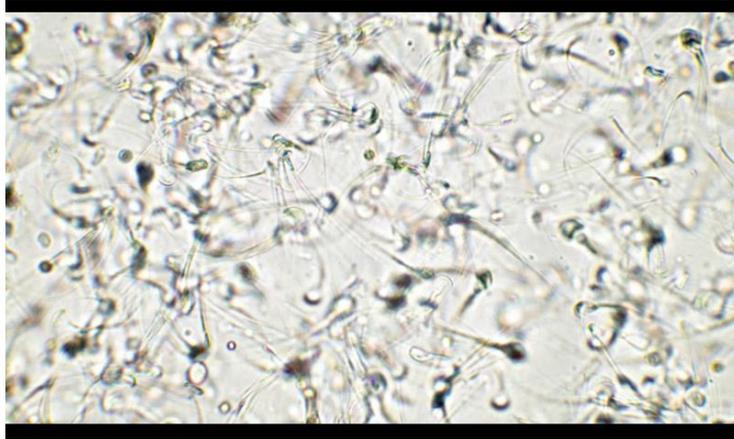
Se transfirieron los epidídimos y vasos deferentes a una placa Petri estéril de 4 compartimientos que contenía 1 ml de solución fisiológica, calentada previamente a 38.5° centígrados. Se cortó cada epidídimo y vaso varias veces con la punta de una aguja para que el esperma pueda salir prensándolos suavemente con pinzas. Se incubó la placa durante 10 minutos a 38.5° centígrados para permitir la dispersión del esperma (swim out). Luego de homogenizar el esperma agitando levemente la placa con la mano, se distribuyó en láminas portaobjetos convenientemente marcados mediante el uso de micropipetas.



**Figura 8. Procedimiento de “Swim Out”**

Las muestras de colección del epidídimo fueron evaluadas microscópicamente. Esta evaluación se realizó de la siguiente manera:

- **Motilidad Individual:** Se colocó una gota gruesa de la muestra colectada sobre un portaobjetos atemperado a 36-37° C y se colocó sobre ésta un cubreobjetos, también a la misma temperatura. Se observó al microscopio, a 400X. Se observó un campo y se valoró subjetivamente con la asistencia de un especialista en evaluación seminal los espermatozoides que se mueven en forma rectilínea progresiva, siendo éstos los que atraviesan el campo de observación. El porcentaje que se indica es el de los espermatozoides con movimiento rectilíneo progresivo del total de espermatozoides.

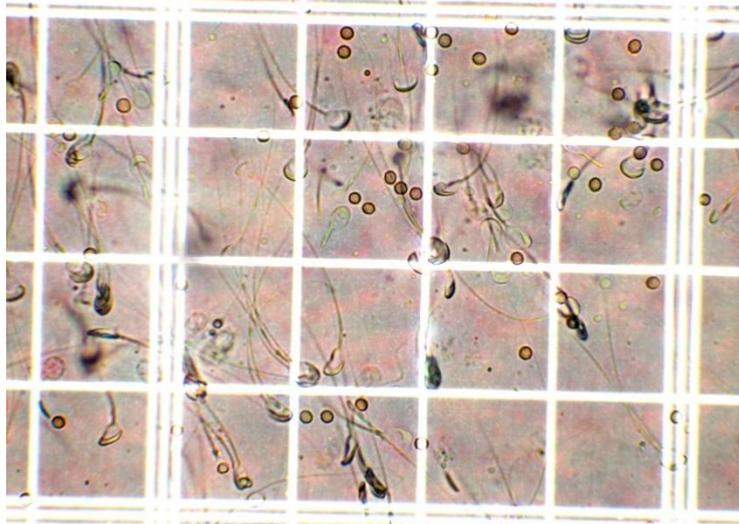


**Figura 9. Evaluación de motilidad individual progresiva**

- **Concentración:** Se tomó aproximadamente 14 microlitros y cargó la Cámara de Newbawer por capilaridad, en uno de los retículos, teniendo en cuenta de cargar otros 14 microlitros para el segundo retículo volviendo a homogenizar entre una carga y otra. Se colocó el cubreobjetos y en el microscopio se pasa a 400X para realizar el conteo. Se contaron todos los espermatozoides que se encuentren en las 4 cuadrículas de las puntas y la central, así como en hasta 3 niveles de superposición o “subpoblaciones” ajustados con el micrométrico, y llevándose a un total de 25 cuadrados pequeños (1 cuadrado grande de 1mm por 1mm). Al número de espermatozoides que se contaron se multiplicaron por 10000 según lo indicado por Hafez (1989) y así se obtuvieron la cantidad de espermatozoides por milímetro cúbico de dilución. El cálculo se realizó mediante la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ células}}{1 \text{ cuadro}} \cdot \frac{1 \text{ cuadro}}{L \cdot A \cdot P \text{ mm}^3} \cdot \frac{1000\text{mm}^3}{1 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1\text{cm}^3}{1 \text{ ml}} \cdot \text{FD}$$

Donde FD como factor de dilución es 1 y el largo, ancho y profundidad del área de conteo es de 1 mm, 1 mm y 0.1 mm respectivamente.



**Figura 10. Evaluación de concentración espermática**

### 3.6.3.4 Histología Testicular

Para evaluar la histología testicular, se conservaron los testículos en una solución de formol al 10%. Las muestras se mandaron a seccionar transversalmente a su eje en láminas de 5 um de espesor, fijar y colorear diferencialmente con hematoxilina y eosina.

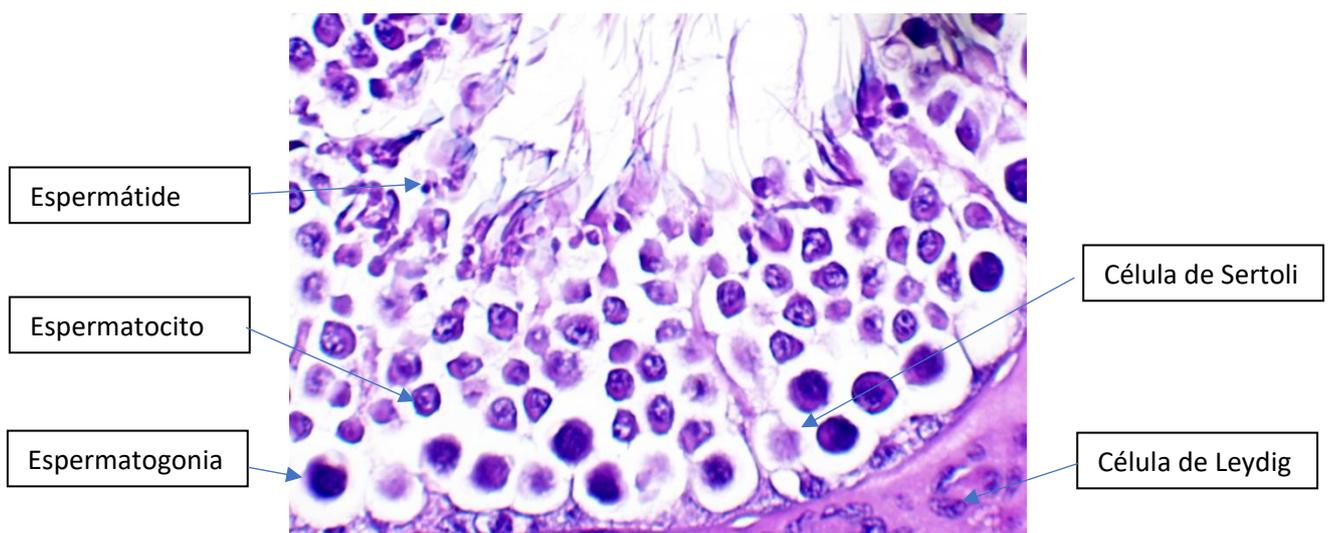


**Figura 11. Muestras conservadas en formol al 10%**

Las muestras testiculares se fotografiaron con la cámara fotográfica TOUPCAM™ ECMOS05300KPA adaptada a un microscopio Nikon ECLIPSE E100. Se tomaron foto de tres áreas del corte, con aumentos de 400x para visualizar las células de Leydig, Sertoli, espermatogonias, espermatocitos, espermatídes y espermatozoides. Se estandarizó para delimitar un área de 0.01 mm<sup>2</sup>.



**Figura 12. Cámara fotográfica adaptada al microscopio utilizado en la evaluación**



**Figura 13. Corte histológico testicular**

### 3.7 Parámetros a evaluar

La finalidad del estudio fue determinar el efecto de la edad y raza o base genética en las características seminales y anatómicas-reproductivas de cuyes. Los parámetros evaluados fueron:

- Peso de los testículos sin grasa en gramos
- Mediciones de los testículos (largo y ancho) en centímetros
- Volumen testicular
- Concentración espermática, en número de espermatozoides por mililitros
- Motilidad espermática individual progresiva en porcentaje de motilidad
- Recuento celular testicular en número de células por mm<sup>2</sup>
- Presencia de espermatozoides en el túbulo

### 3.8 Diseño Experimental

La información colectada para el presente trabajo fue sometida a una prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks modificado). 3 variables tuvieron que ser transformadas para que se adecuen a una distribución normal: Peso del testículo (1/”Peso del testículo”), Motilidad (1/”Motilidad”) y Células de Sertoli (Log “Células de Sertoli”). El análisis estadístico se desarrolló en base a un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo factorial, donde los tratamientos serán tanto la edad o la raza de los animales

Para las dos hipótesis planteadas, la prueba de hipótesis en DCA fue:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta (peso del testículo, largo del testículo, ancho del testículo, volumen del testículo, concentración espermática, motilidad, recuento de espermatogonias, espermatozoides, espermátides, células de Sertoli y células de Leydig)

$\mu$  = media general

$A_i =$  efecto del i-ésimo nivel del factor A (edad del animal)

$B_j =$  efecto del j-ésimo nivel del factor B (raza del animal)

$AB_{ij} =$  efecto de la interacción del i-ésimo nivel del factor A y el j-ésimo nivel del factor B en su repetición k

$\epsilon_{ijk} =$  error

Se analizó la información obtenida mediante un análisis de varianza (ANOVA) en DCA, para probar la hipótesis de igualdad o desigualdad entre las medias. En caso se acepte la hipótesis alterna, se realizará una prueba de Duncan con la finalidad de comparar medias entre tratamientos. Así mismo se determinaron los coeficientes y probabilidades de correlación entre las variables estudiadas.

Para estos análisis se utilizó Infostat (entorno de programación científica). Los valores fueron considerados con una significancia de  $P < 0.05$ . El coeficiente de correlación fue determinado con la correlación de Pearson considerando un error experimental de 0.05. La prueba de Normalidad se consideró con un error experimental de 0.03.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Parámetros Testiculares

Se tomaron en consideración cuatro variables, peso, longitud, ancho y volumen de los testículos de los cuyes. La Tabla 4 reporta los valores obtenidos para los animales evaluados según raza y la Tabla 5 los valores según edad.

**Tabla 4: Dimensiones testiculares de cuyes utilizados según raza**

Raza	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
Perú	6.30 ± 2.45 <sup>b</sup>	2.09 ± 0.18 <sup>b</sup>	1.67 ± 0.11 <sup>b</sup>	3.05 ± 0.60 <sup>b</sup>
Andina	6.20 ± 1.93 <sup>ab</sup>	2.08 ± 0.24 <sup>b</sup>	1.63 ± 0.16 <sup>b</sup>	2.96 ± 0.85 <sup>b</sup>
Inti	5.10 ± 1.20 <sup>ab</sup>	1.88 ± 0.17 <sup>a</sup>	1.54 ± 0.10 <sup>ab</sup>	2.34 ± 0.47 <sup>a</sup>
Control	4.50 ± 0.71 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.17 <sup>ab</sup>	1.51 ± 0.11 <sup>a</sup>	2.33 ± 0.50 <sup>a</sup>
Media ± D.S.	5.53 ± 1.81	2.00 ± 0.21	1.59 ± 0.13	2.67 ± 0.69

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

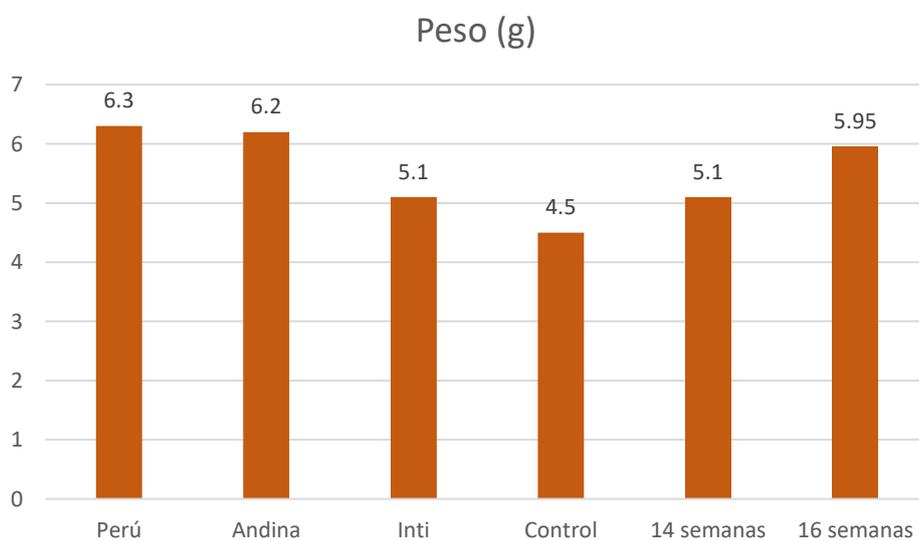
**Tabla 5: Dimensiones testiculares de cuyes utilizados según edad**

Edad	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
14 semanas	5.10 ± 1.33 <sup>a</sup>	1.93 ± 0.19 <sup>a</sup>	1.56 ± 0.14 <sup>a</sup>	2.50 ± 0.66 <sup>a</sup>
16 semanas	5.95 ± 2.14 <sup>a</sup>	2.06 ± 0.22 <sup>b</sup>	1.61 ± 0.12 <sup>a</sup>	2.84 ± 0.69 <sup>a</sup>
Media ± D.S.	5.53 ± 1.81	2.00 ± 0.21	1.59 ± 0.13	2.67 ± 0.69

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

La media del peso testicular fue de 5.53 ± 1.81 g. En las cuatro bases genéticas evaluadas, la raza Perú (6.30 ± 2.45 g) es estadísticamente similar a la raza Andina (6.20 ± 1.93 g) y a la raza Inti (5.10 ± 1.20 g) pero diferente al grupo control (4.50 ± 0.71 g). La raza Andina,

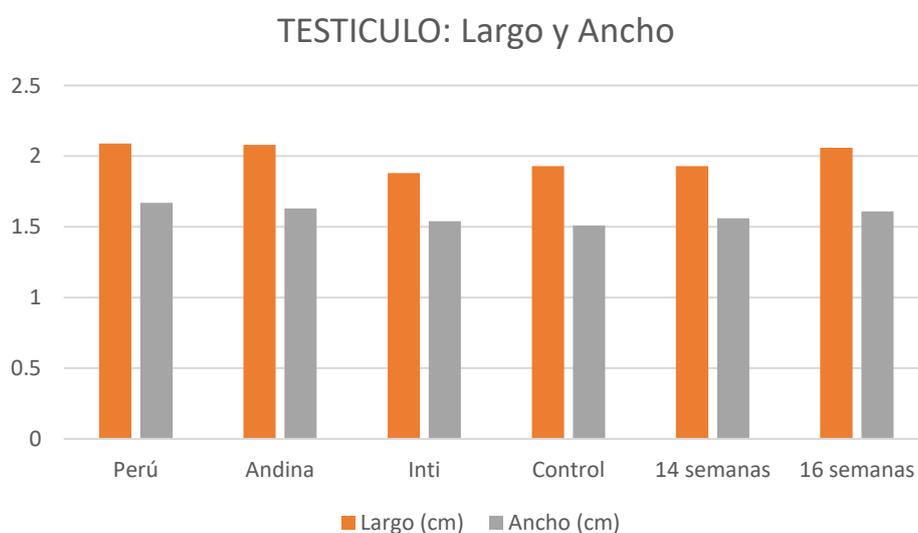
Inti y el grupo control no presentan diferencias significativas en peso testicular. Con respecto a la edad, no se encuentra una diferencia estadística significativa entre 14 ( $5.10 \pm 1.33$  g) y 16 semanas ( $5.95 \pm 2.14$  g). Según lo reportado por López (2010), el peso a las 12 semanas de la raza Perú es de 5.12 g. Aliaga *et al.* (2009) lo reporta entre 5 a 6 g para la especie, mientras que Rigaudière *et al.* (1976) indica su peso en 4 g aproximadamente. Rosales *et al.* (2021) obtuvo un valor de 3.4 para cuyes nativos (sin proceso de mejora genética) y 4.1 para cuyes mejorados de 14 semanas de edad aproximadamente. Dichos valores son inferiores a los pesos registrados en el presente estudio. En comparación con los datos de peso testicular del cuis (*Cavia aparea*) reportado por Trillmich *et al.* (2006), el *Cavia porcellus* tiene un mayor peso de los testículos, debido al proceso de mejoramiento genético.



**Figura 14. Peso testicular de los animales evaluados según raza y edad**

El largo del testículo es superior significativamente en la raza Perú ( $2.09 \pm 0.18$  cm) y en la raza Andina ( $2.08 \pm 0.24$  cm) frente a la raza Inti ( $1.88 \pm 0.17$  cm). El grupo control ( $1.93 \pm 0.17$  cm) no presenta diferencias significativas frente a las tres razas. Existe diferencia significativa estadística entre el largo del testículo a las 14 ( $1.93 \pm 0.19$  cm) y 16 semanas ( $2.06 \pm 0.22$  cm). La media para el largo testicular es de  $2.00 \pm 0.21$  cm.

La media del ancho testicular es de  $1.59 \pm 0.13$  cm en los animales evaluados. La raza Perú ( $1.67 \pm 0.11$  cm) no presenta diferencias significativas frente a la raza Andina ( $1.63 \pm 0.16$  cm) ni frente a la raza Inti ( $1.54 \pm 0.10$  cm) pero sí frente al grupo control ( $1.51 \pm 0.11$  cm). La raza Andina no presenta diferencias significativas frente a la raza Inti pero sí con el grupo control. La raza Inti y el grupo control tienen valores estadísticamente similares. No se encontraron diferencias estadísticas entre las 14 ( $1.56 \pm 0.14$  cm) y 16 semanas de edad ( $1.61 \pm 0.12$  cm).



**Figura 15. Largo y ancho testicular de los animales evaluados según raza y edad**

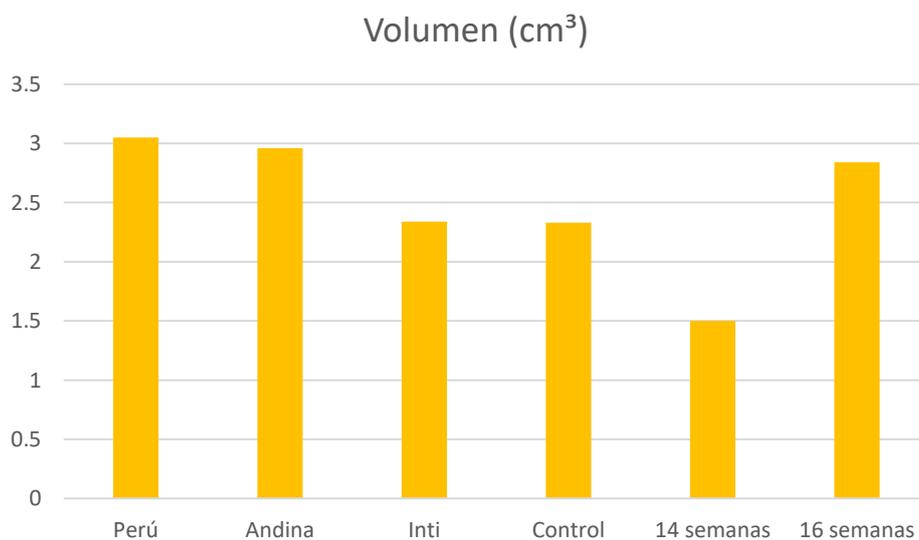
Cooper y Schiller (1975) reportan una longitud de 2.5 cm y un ancho de 1.5 cm en los testículos de los cuyes. López (2010), por su lado, señala que la longitud a las 12 semanas alcanza un valor de 2.3 cm y el ancho un valor de 1.6 cm. Pino (2015), evalúa las dimensiones morfométricas a las ocho semanas, con 1.69 cm de largo y 1.28 cm de ancho. Rosales *et al.* (2021) obtuvo una longitud y ancho de 1.8 cm y 1.4 en animales nativos y de 2.1 y 1.6 en animales mejorados. Los valores obtenidos en la presente investigación se asemejan a los obtenidos por López (2010), principalmente en raza Perú, considerando que es la misma raza que utilizó en su evaluación.

El valor de volumen testicular fue calculado en base a la fórmula de un esferoide alargado, cuya fórmula es:

$$\text{Volumen} = 0.52 (L)(W^2)$$

donde L es la longitud de los testículos y W es el ancho de los testículos. Dicha fórmula fue utilizada tanto por Hsieh *et al.* (2009) en humanos y Watson-Whitmyre y Stetson (1985) en hamsters, con alta precisión en sus resultados.

La raza Perú ( $3.05 \pm 0.60 \text{ cm}^3$ ) y Andina ( $2.96 \pm 0.85 \text{ cm}^3$ ), que son similares en volumen testicular, reportan diferencias estadísticas significativas frente a la raza Inti ( $2.34 \pm 0.47 \text{ cm}^3$ ) y el grupo control ( $2.33 \pm 0.50 \text{ cm}^3$ ), las cuales tienen valores estadísticamente similares entre ellas. Con respecto a la edad, a las 14 ( $2.50 \pm 0.66 \text{ cm}^3$ ) y 16 semanas ( $2.84 \pm 0.69 \text{ cm}^3$ ) no hay diferencias significativas. El promedio de volumen testicular es de  $2.67 \pm 0.69 \text{ cm}^3$ . Rosales *et al.* (2021) reportó el volumen testicular en nativos en  $1.6 \text{ cm}^3$  y en mejorados en  $2.0 \text{ cm}^3$ . La diferencia con los valores obtenidos es alta, posiblemente debido a la fórmula utilizada para calcular el volumen testicular, donde se realiza un reemplazo del ancho por la longitud de profundidad del testículo (Junaidi y Martin, 2013).



**Figura 16. Volumen testicular de los animales evaluados según raza y edad**

Los pesos de los animales de los cuales se realizó las dimensiones testiculares se presentan en la Tabla 6 y en la Tabla 7. Según los pesos vivos de los animales evaluados y los datos recopilados de las dimensiones testiculares de los animales, se calculó la correlación entre las variables estudiados. Los valores de correlación se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 6: Pesos de los cuyes evaluados según raza**

Raza	Media $\pm$ D.S.
Perú	1201.80 $\pm$ 150.82 g
Andina	1153.70 $\pm$ 101.36 g
Inti	1086.60 $\pm$ 93.32 g
Control	1096.00 $\pm$ 85.84 g
Total General	1134.53 $\pm$ 116.42 g

**Tabla 7: Pesos de los cuyes evaluados según edad**

Edad	Media $\pm$ D.S.
14 semanas	1088.60 $\pm$ 89.17 g
16 semanas	1180.45 $\pm$ 124.22 g
Total General	1134.53 $\pm$ 116.42 g

**Tabla 8: Correlación entre las variables peso vivo y dimensiones testiculares**

		Probabilidades de Correlación				
		Peso Vivo del Animal	Peso Testicular	Largo Testicular	Ancho Testicular	Volumen Testicular
Coeficientes de Correlación	Peso Vivo del Animal	1.00	$4.0 \times 10^{-4}$	$1.8 \times 10^{-3}$	0.02	$3.1 \times 10^{-3}$
	Peso Testicular	0.53	1.00	$5.5 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-5}$
	Largo Testicular	0.48	0.59	1.00	$5.2 \times 10^{-8}$	0.00
	Ancho Testicular	0.37	0.54	0.74	1.00	0.00
	Volumen Testicular	0.46	0.62	0.88	0.94	1.00

Se obtuvieron correlaciones positivas moderadas en los parámetros testiculares. Dichas correlaciones positivas encontradas entre estas variables explicarían el motivo por el que las razas de cuyes, resultado de un proceso de mejoramiento genético, son estadísticamente superiores al grupo control donde el apareamiento se realiza al azar sin ningún tipo de selección. Las probabilidades de correlación para todas las combinatorias de parámetros son inferiores a 0.05, indicando que los resultados son estadísticamente significativos (Nivel de confianza de 95%).

En otras especies existe una alta correlación entre las dimensiones testiculares con el peso de los animales. Salhab *et al.* (2001) obtuvo una correlación positiva de 0.90, 0.61 y 0.88 en entre la variable peso con las variables largo, ancho y volumen respectivamente para la raza ovina Awassi. Asimismo, Da Luz *et al.* (2013) encontró correlaciones altas de 0.83 y 0.78 entre peso vivo con longitud y ancho testicular en búfalos.

López (2010) indica que la pubertad reproductiva se da a las 11 semanas en los cuyes machos. Enciso (2010) encontró espermatozoides en el epidídimo de cuyes raza Andina a

las 12 semanas, señalándolo como el inicio de su etapa reproductiva. Esto indica el motivo por el cuál no se han encontrado mayores diferencias significativas entre los parámetros testiculares a excepción del largo testicular.

## 4.2 Características Espermáticas

Los valores obtenidos de recuento espermático y motilidad individual progresiva se presentan en la Tabla 9 según la raza y en la Tabla 10 según la edad de los animales evaluados.

**Tabla 9: Recuento espermático y motilidad individual de los cuyes según raza**

Raza	Recuento espermático (x10 <sup>6</sup> células/ml)	Motilidad Individual Progresiva (%)
Perú	174.95 ± 107.59 <sup>a</sup>	42.00 ± 25.30 <sup>a</sup>
Andina	119.16 ± 46.71 <sup>a</sup>	49.00 ± 26.01 <sup>a</sup>
Inti	150.43 ± 95.78 <sup>a</sup>	36.00 ± 20.66 <sup>a</sup>
Control	179.86 ± 63.40 <sup>a</sup>	53.00 ± 28.30 <sup>b</sup>
Media ± D.E.	156.10 ± 82.54	45.00 ± 25.12

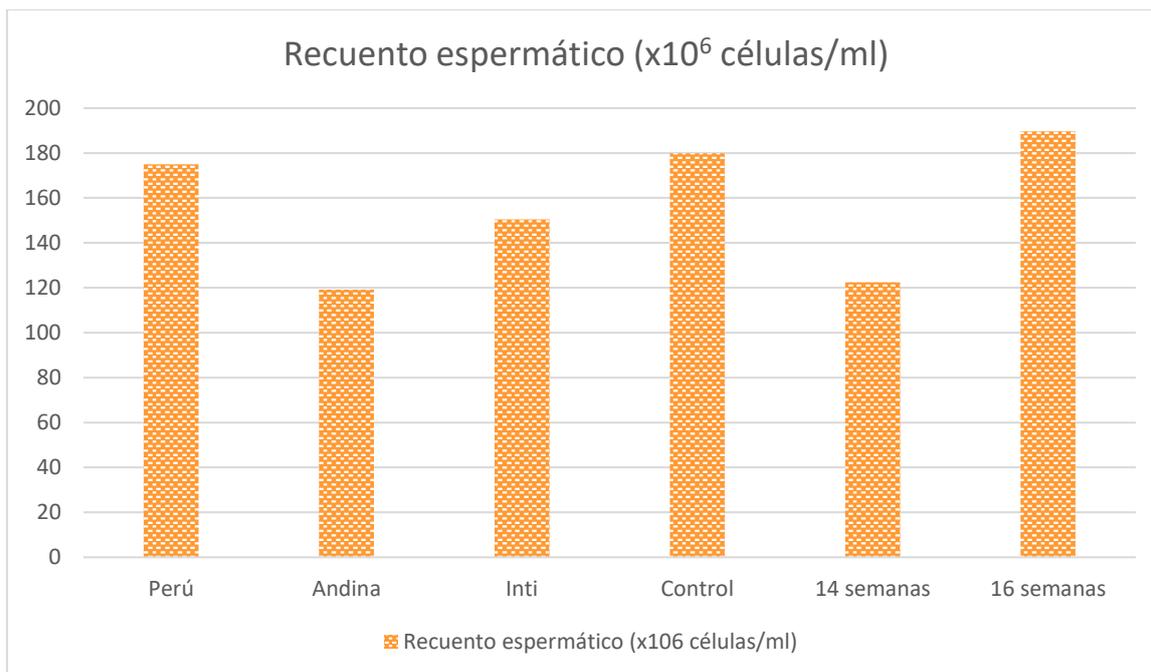
Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

**Tabla 10: Recuento espermático y motilidad individual de los cuyes según edad**

Edad	Recuento espermático (x10 <sup>6</sup> células/ml)	Motilidad Individual Progresiva (%)
14 semanas	122.52 ± 69.26 <sup>a</sup>	40.00 ± 26.56 <sup>a</sup>
16 semanas	189.68 ± 82.55 <sup>b</sup>	50.00 ± 23.17 <sup>a</sup>
Media ± D.E.	156.10 ± 82.54	45.00 ± 25.12

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

El promedio de recuento espermático de los animales evaluados fue de  $156.10 \times 10^6$  células/ml  $\pm 82.54$ . Las 4 bases genéticas no presentaron diferencias estadísticas significativas entre sí. La raza Perú reportó un valor de  $174.95 \times 10^6 \pm 107.59$  células/ml, la raza Andina  $119.16 \times 10^6 \pm 46.71$  células/ml, la raza Inti  $150.43 \times 10^6 \pm 95.78$  células/ml y el grupo control  $179.86 \times 10^6 \pm 63.40$  células/ml. Con respecto a la edad, sí se encontraron diferencias significativas entre las 14 ( $122.52 \times 10^6 \pm 69.26$  células/ml) y las 16 semanas de edad ( $189.68 \times 10^6 \pm 82.55$  células/ml)

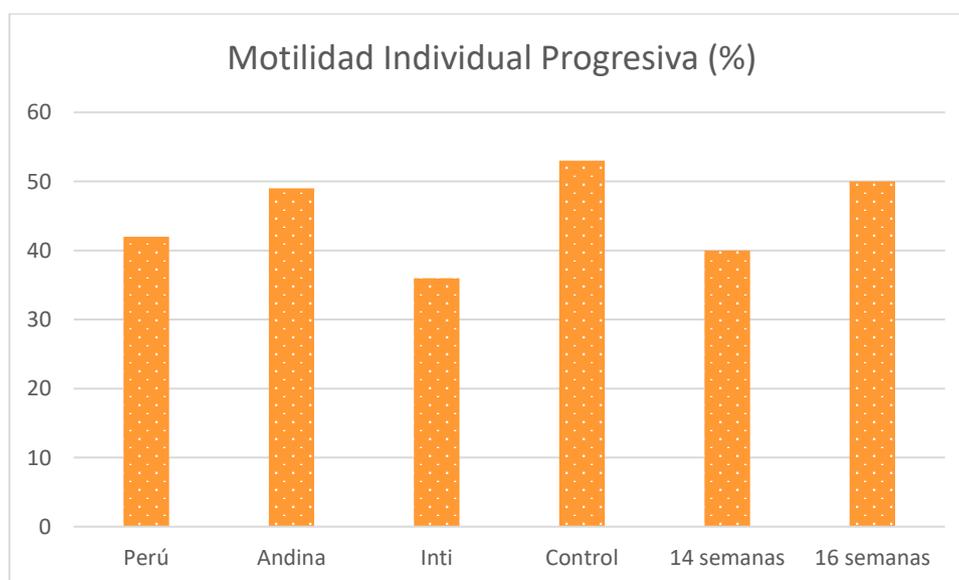


**Figura 17. Recuento espermático de los animales evaluados según raza y edad**

Loor (2015) reportó una concentración promedio de  $25.6 \times 10^6$  espermatozoides por ml. Cabe señalar que en su metodología experimental se diluyó el material proveniente del epidídimo en 5 ml de “medio de lavado” o suero fisiológico. Realizando una corrección a sus valores en base a 1 ml de solución de dilución, se obtendría un valor aproximado de  $105 \times 10^6$ , valor similar a lo reportado en la raza Andina o a las 14 semanas de edad. Tapia y Tello (2016) obtuvieron valores promedio de  $78 \times 10^6$  en epidídimos de animales mejorados jóvenes de 4 a 6 meses de edad. Cabe resaltar que López (2010) indicó que no había presencia de espermatozoides en el túbulo hasta las 7 semanas de edad, y motilidad a partir de las 11 semanas de edad. Tapia y Tello (2016) también reportaron una concentración espermática de  $63 \times 10^6$  células por ml, para animales adultos criollos (sin mejoramiento genético) de aproximadamente 12 a 16 semanas, el cual es menor a lo obtenido en el grupo

control de animales evaluados en la presente investigación. Sin embargo, Quishpe (2021) obtuvo valores de concentración muy similares, entre 125 a 149 x 10<sup>6</sup> espermatozoides por ml. Taday (2022) realizó un compilatorio de diversas tesis y trabajos de investigación de características espermáticas donde señala un promedio de concentración espermática en la especie de 105 x 10<sup>6</sup>.

Se ha presentado diferencias estadísticas significativas en la motilidad individual progresiva entre razas, mas no en la comparación entre edades. La raza Perú presentó una motilidad individual progresiva de 42.00 ± 25.30, la raza Andina un 49.00 ± 26.01, la raza Inti 36.00 ± 20.66 y el grupo control 53.00 ± 28.30, siendo este superior a las 3 razas mencionadas. A las 14 semanas, se reportó una motilidad de 40.00 ± 26.56, y a las 16 semanas, una motilidad individual progresiva de 50.00 ± 23.17.



**Figura 18. Motilidad individual progresiva de los cuyes evaluados según raza y edad**

Loor (2015) reportó un valor de 73.5% de motilidad espermática en muestras provenientes de epidídimo de cuyes adultos. Tapia y Tello (2016) reportaron valores de motilidad de 57.5% en cuyes adultos mejorados, que se asemejan bastante a lo reportado en la presente investigación. De la misma forma, obtuvieron un valor de 43.7% de motilidad en cuyes adultos criollos, un valor menor a lo reportado para el grupo control en la presente

investigación. Sin embargo, sus valores están entre 40 y 60%. Montenegro (2022) obtuvo un valor de 38.81% de motilidad a las 0 horas de conservación en base al uso de un crioprotector para muestras recolectadas del epidídimo. Dicha motilidad se ve reducida hasta un 19.46% a las 72 horas. Quishpe (2021) obtuvo un valor de 43.48 a 46.3% de motilidad y Ayala *et al.* (2017) obtuvo un valor entre 55 a 58%, similar a lo obtenido en las diferentes bases genéticas. Taday (2022) también realizó un promedio de la especie en base a diversas investigaciones sobre calidad espermática, señalando un valor de 62.06%.

Se calcularon coeficientes de correlación positivos bajos entre las variables peso vivo y características espermáticas, así como entre el recuento espermático y la motilidad individual progresiva. Del mismo modo, hay correlaciones positivas bajas entre las variables de dimensiones testiculares y características espermáticas. En otras especies se ha reportado coeficientes de correlación altos entre el diámetro escrotal de los animales con la concentración espermática, como en ovinos criollos (Palacios y González, 2012). En la raza Awassi se calcularon correlaciones bajas con respecto al peso vivo de los animales con la concentración espermática y la motilidad. Asimismo, había una correlación baja a moderada entre los parámetros concentración y motilidad espermática (Morón-Cedillo *et al.*, 2012)

**Tabla 11: Correlación entre las variables peso vivo y características espermáticas**

		Probabilidades de Correlación		
		Peso Vivo del Animal	Recuento Espermático	Motilidad Individual Progresiva
Coeficientes de Correlación	Peso Vivo del Animal	1.00	0.14	0.72
	Recuento Espermático	0.24	1.00	0.35
	Motilidad Individual Progresiva	0.06	0.15	1.00

**Tabla 12: Correlación entre las dimensiones testiculares y características espermáticas**

		Probabilidades de Correlación					
		Peso Testicular	Largo Testicular	Ancho Testicular	Volumen Testicular	Recuento Espermático	Motilidad Individual Progresiva
Coeficientes de Correlación	Peso Testicular	1.00	$5.5 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-4}$	$2.0 \times 10^{-5}$	0.14	0.05
	Largo Testicular	0.59	1.00	$5.2 \times 10^{-8}$	0.00	0.29	0.17
	Ancho Testicular	0.54	0.74	1.00	0.00	0.37	0.24
	Volumen Testicular	0.62	0.88	0.94	1.00	0.18	0.26
	Recuento Espermático	0.24	0.17	0.15	0.22	1.00	0.35
	Motilidad Individual	0.31	0.22	0.19	0.18	0.15	1.00
	Progresiva						

### 4.3 Histología Testicular

En las tablas 11 y 12 se presentan el recuento de células testiculares diferenciadas tanto para las 4 bases genéticas como para las 2 edades evaluadas.

El número de espermatogonias promedio fue de  $2910.00 \pm 796.45$  por  $\text{mm}^2$ . Dentro de las 4 bases genéticas, no hubo diferencias estadísticas significativas. Perú presentó  $2910.00 \pm 796.45$  espermatogonias por  $\text{mm}^2$ . La raza Andina reportó  $2520.00 \pm 880.40$  células, mientras que la raza Inti obtuvo un promedio de  $2560.00 \pm 544.06$ . El grupo control presentó

3070.00 ± 725.79 espermatogonias por mm<sup>2</sup>. Entre las 14 y 16 semanas no hay diferencias significativas. A las 14 semanas se reportó un promedio de 2590.00 ± 653.65 células, mientras que a las 16 semanas un promedio de 2940.00 ± 824.24.

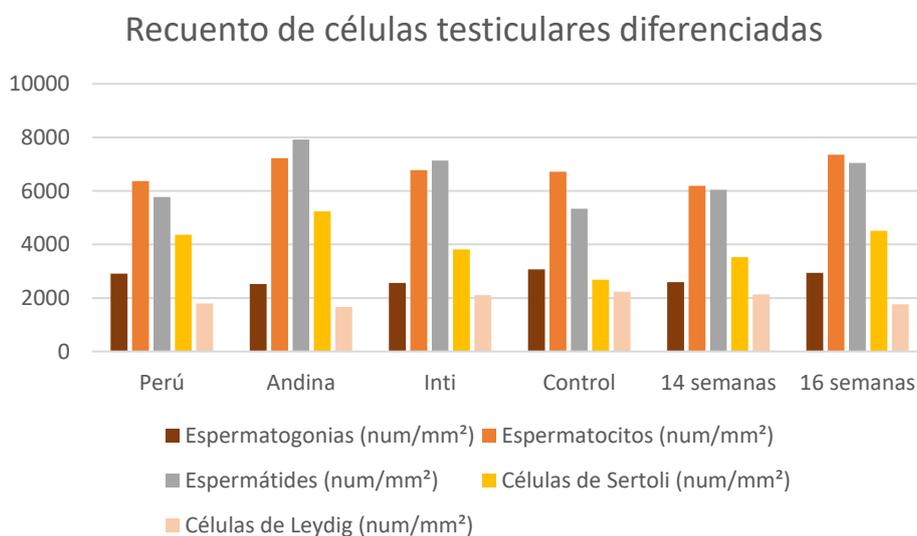
En el número de espermatozoides promedio tampoco se presentaron diferencias estadísticas, tanto en raza como en edad. La raza Perú obtuvo un promedio de 6370.00 ± 2240.06 espermatozoides por mm<sup>2</sup>. La raza Andina alcanzó un valor de 7220.00 ± 2703.82 células. La raza Inti y el grupo control presentaron 6780.00 ± 882.92 y 6720.00 ± 1357.94 espermatozoides por mm<sup>2</sup> respectivamente. A las 14 semanas, se contaron 6195.00 ± 1669.38 espermatozoides y a las 16 semanas 7350.00 ± 1945.71. El promedio del total de los animales evaluados fue de 6772.50 ± 1882.58 espermatozoides por mm<sup>2</sup>.

El promedio del número de espermátides por mm<sup>2</sup> fue de 6542.50 ± 2839.46. Al igual que con los parámetros número de espermatogonias y espermatozoides, el número de espermátides no presentó diferencias significativas, tanto para raza como para la edad de los animales en evaluación. La raza Perú alcanzó un valor de 5770.00 ± 2810.32 células. La raza Andina, Inti y Control presentaron 7920.00 ± 4028.45, 7140.00 ± 1660.79 y 5340.00 ± 1810.59 células respectivamente. A las 14 semanas se obtuvo un promedio de 6040.00 ± 3082.96 y 7045.00 ± 2552.08 espermátides por mm<sup>2</sup>.

Las Células de Sertoli sí presentaron diferenciación significativa en la comparación entre razas. El mayor número de células de Sertoli se encontró tanto en la raza Andina, con un total de 5240.00 ± 2201.62, en la raza Perú, con 4360.00 ± 1813.65, y en la raza Inti, con 3810.00 ± 1330.37 células, siendo estas estadísticamente similares y superiores al grupo control (2680.00 ± 736.06). A las 16 semanas hay un promedio de 4515.00 ± 2138.93, sin diferencia estadística significativa frente a las 14 semanas con un promedio de 3530.00 ± 1294.56 células por mm<sup>2</sup>. El promedio de las células de Sertoli del total de animales evaluados fue de 4022.50 ± 1814.96.

No se encontraron diferencias significativas para la variable células de Leydig tanto para raza como para edad en evaluación. El promedio del total de animales fue de 1950.00 ±

1068.91 células de Leydig por mm<sup>2</sup>. La raza Perú, Andina, Inti y el grupo control presentaron un promedio de 1800.00 ± 856.35, 1670.00 ± 1302.18, 2100.00 ± 1358.10 y 2230.00 ± 673.38 células de Leydig, respectivamente. A las 14 y 16 semanas se observó un total de 2135.00 ± 1184.67 y 1765.00 ± 932.61 células aproximadamente.



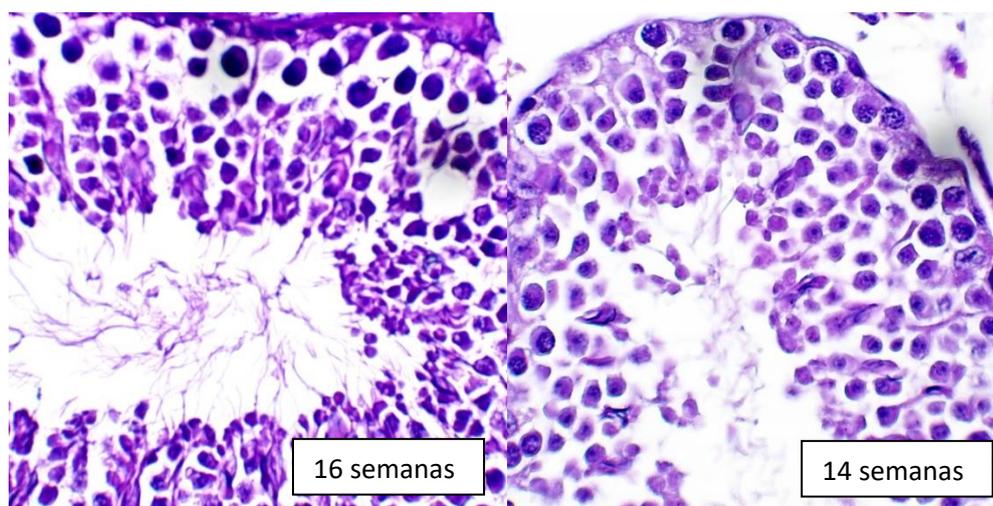
**Figura 19. Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según raza y edad**

Falconi (2015) señala que la FSH actúa sobre las células de Sertoli induciendo la producción de proteína ligadora de andrógeno necesaria para la espermatogénesis y maduración de los espermatozoides, así como que el número espermatogonias depende del número de células de Sertoli. Falconi (2015) también demostró que, mediante la inunmoesterilización mediante la muerte de las células germinales ocasiona una ausencia de espermatozoides. La presencia de espermatozoides en los animales evaluados en la presente investigación está de acuerdo con la estructura histológica normal y funcional de las células testiculares. Shiroma (2020) evaluó cuyes de la raza Perú pre-púberes de aproximadamente 500 g, donde encontró una frecuencia por túbulo seminífero de 10.62 espermatogonias, 46.56 espermatocitos y 98.80 espermatídes, además de 8.89 espermatozoides y 1.07 células de Sertoli. Si bien la cantidad de células no es por área sino por túbulo seminífero, dista de lo reportado en la presente investigación. Dicha diferencia podría deberse a la edad de los animales, donde Shiroma (2020) utiliza animales que aún no están en madurez reproductiva, lo que indicaría también un menor tamaño de los túbulos seminíferos. López (2010) realizó un conteo de las células espermáticas testiculares, encontrando a las 12 semanas 510 espermatogonias, 940

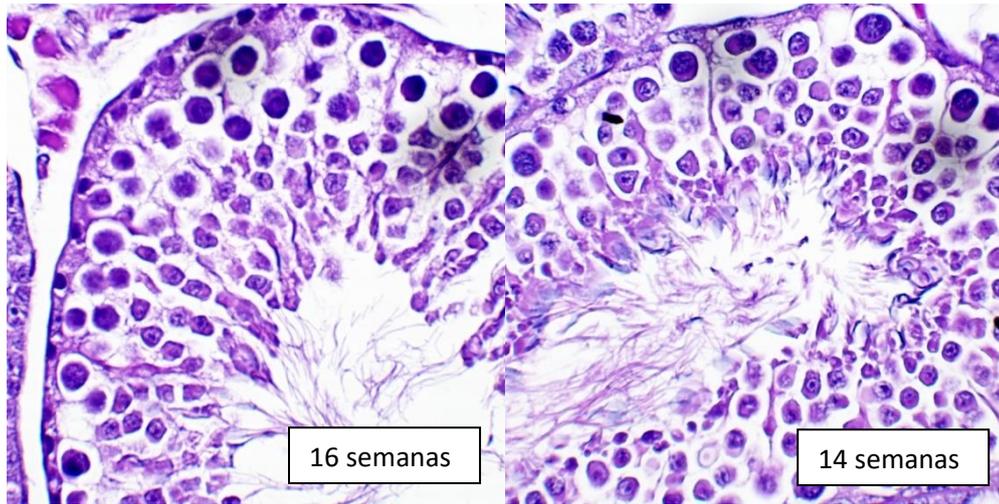
espermocitos, 5200 espermátides, 430 células de Sertoli y 79.2 células de Leydig por mm<sup>2</sup>. Existen diferencias notables en relación con el presente trabajo, que puede deberse al área de conteo señalado.

Todos los animales evaluados, de las cuatro bases genéticas, así como de las dos diferentes edades, presentaron espermatozoides en el túbulo. López (2010) señaló que ya hay presencia de espermatozoides en el túbulo a partir de las 7 semanas de edad en algunos animales, llegando a un 100% de los animales a las 11 semanas. Del mismo modo, Pino (2015) señaló que hay presencia de espermatozoides a partir de las 6 semanas de edad. Debido a que los animales evaluados en la presente investigación se encuentran en una madurez reproductiva completa, concuerda con los autores antes mencionados que el 100% de los animales tengan presencia de espermatozoides en el túbulo.

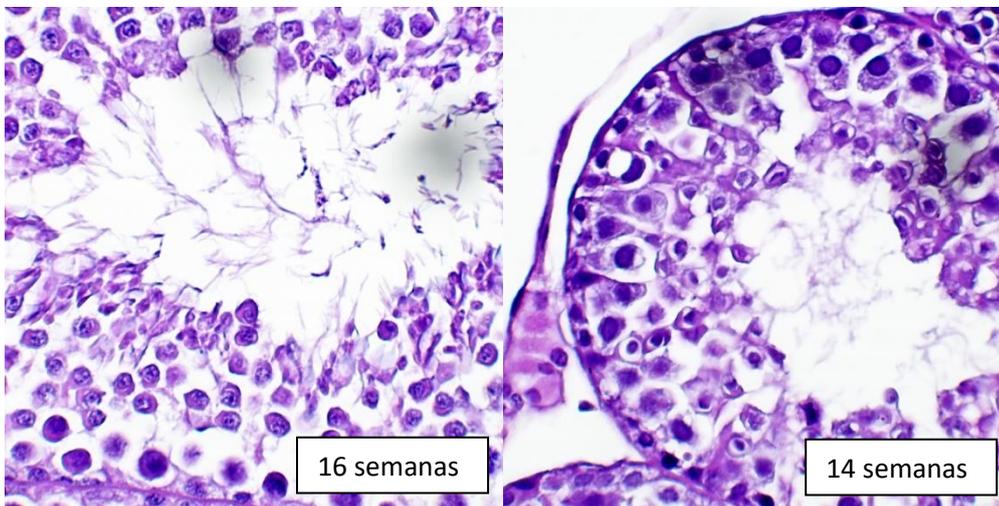
Se calcularon coeficientes de correlación inexistentes y bajos entre las variables recuento celular testicular con peso vivo, dimensiones testiculares y características espermáticas, exceptuando en las células de Sertoli que tienen una correlación moderada a alta con respecto a los espermocitos y espermátides. Esta correlación es similar a reportes en otras especies, como en cabras (Leal *et al.*, 2002) o en toros (Berndtson *et al.*, 1987), donde incluso utilizan el parámetro número de espermátides por número de células de Sertoli, señalando que hay una correlación positiva alta entre ambas variables.



**Figura 20. Cortes histológicos testiculares en Raza Perú a las 16 y 14 semanas**



**Figura 21. Cortes histológicos testiculares en Raza Andina a las 16 y 14 semanas**



**Figura 22. Cortes histológicos testiculares en Raza Inti a las 16 y 14 semanas**



**Figura 23. Cortes histológicos testiculares en grupo Control a las 16 y 14 semanas**

**Tabla 13: Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según raza**

Raza	Espermatogonias (número/mm <sup>2</sup> )	Espermatocitos (número/mm <sup>2</sup> )	Espermátides (número/mm <sup>2</sup> )	Células de Sertoli (número/mm <sup>2</sup> )	Células de Leydig (número/mm <sup>2</sup> )	Presencia de espermatozoides en Túbulo (%)
Perú	2910.00 ± 796.45 <sup>a</sup>	6370.00 ± 2240.06 <sup>a</sup>	5770.00 ± 2810.32 <sup>a</sup>	4360.00 ± 1813.65 <sup>b</sup>	1800.00 ± 856.35 <sup>a</sup>	100.00
Andina	2520.00 ± 880.40 <sup>a</sup>	7220.00 ± 2703.82 <sup>a</sup>	7920.00 ± 4028.45 <sup>a</sup>	5240.00 ± 2201.62 <sup>b</sup>	1670.00 ± 1302.18 <sup>a</sup>	100.00
Inti	2560.00 ± 544.06 <sup>a</sup>	6780.00 ± 882.92 <sup>a</sup>	7140.00 ± 1660.79 <sup>a</sup>	3810.00 ± 1330.37 <sup>b</sup>	2100.00 ± 1358.10 <sup>a</sup>	100.00
Control	3070.00 ± 725.79 <sup>a</sup>	6720.00 ± 1357.94 <sup>a</sup>	5340.00 ± 1810.59 <sup>a</sup>	2680.00 ± 736.06 <sup>a</sup>	2230.00 ± 673.38 <sup>a</sup>	100.00
Media ± D.E.	2765.00 ± 755.34	6772.50 ± 1882.58	6542.50 ± 2839.46	4022.50 ± 1814.96	1950.00 ± 1068.91	100.00

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

**Tabla 14: Recuento de células testiculares de los cuyes evaluados según edad**

Edad	Espermatogonias (número/mm <sup>2</sup> )	Espermatocitos (número/mm <sup>2</sup> )	Espermátides (número/mm <sup>2</sup> )	Células de Sertoli (número/mm <sup>2</sup> )	Células de Leydig (número/mm <sup>2</sup> )	Presencia de espermatozoides en Túbulo (%)
14 semanas	2590.00 ± 653.65 <sup>a</sup>	6195.00 ± 1669.38 <sup>a</sup>	6040.00 ± 3082.96 <sup>a</sup>	3530.00 ± 1294.56 <sup>a</sup>	2135.00 ± 1184.67 <sup>a</sup>	100.00
16 semanas	2940.00 ± 824.24 <sup>a</sup>	7350.00 ± 1945.71 <sup>a</sup>	7045.00 ± 2552.08 <sup>a</sup>	4515.00 ± 2138.93 <sup>a</sup>	1765.00 ± 932.61 <sup>a</sup>	100.00
Media ± D.E.	2765.00 ± 755.34	6772.50 ± 1882.58	6542.50 ± 2839.46	4022.50 ± 1814.96	1950.00 ± 1068.91	100.00

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05)

**Tabla 15: Correlación entre variables peso vivo y recuento de células testiculares**

		Probabilidades de Correlación					
		Peso Vivo	Espermatogonias	Espermatocitos	Espermátides	Células de Sertoli	Células de Leydig
Coeficientes de Correlación	Peso Vivo	1.00	0.57	0.72	0.61	0.52	0.55
	Espermatogonias	0.09	1.00	0.30	0.16	0.99	0.22
	Espermatocitos	-0.06	0.17	1.00	0.28	6.6 x 10 <sup>-4</sup>	0.22
	Espermátides	-0.08	-0.23	0.18	1.00	0.01	0.04
	Células de Sertoli	0.10	2.6 x 10 <sup>-3</sup>	0.52	0.42	1.00	0.12
	Células de Leydig	-0.10	-0.20	-0.20	-0.33	-0.25	1.00

**Tabla 16: Correlación entre dimensiones testiculares y recuento de células testiculares**

		Probabilidades de Correlación								
		Peso Testicular	Largo Testicular	Ancho Testicular	Volumen Testicular	Espermatogonias	Espermatocitos	Espermátides	Células de Sertoli	Células de Leydig
Coeficientes de Correlación	Peso Testicular	1.00	$4.7 \times 10^{-4}$	0.01	$5.2 \times 10^{-4}$	0.46	0.89	0.43	0.30	0.38
	Largo Testicular	0.59	1.00	$5.2 \times 10^{-8}$	0.00	0.37	0.17	0.34	0.10	0.12
	Ancho Testicular	0.54	0.74	1.00	0.00	0.07	0.40	0.25	0.34	0.25
	Volumen Testicular	0.62	0.88	0.94	1.00	0.08	0.29	0.33	0.23	0.34
	Espermatogonias	-0.12	-0.15	-0.29	-0.28	1.00	0.30	0.16	0.99	0.22
	Espermatocitos	0.02	0.22	0.14	0.17	0.17	1.00	0.28	$6.6 \times 10^{-4}$	0.22
	Espermátides	-0.13	0.16	0.19	0.16	-0.23	0.18	1.00	0.01	0.04
	Células de Sertoli	0.17	0.27	0.16	0.19	$2.6 \times 10^{-3}$	0.52	0.42	1.00	0.12
	Células de Leydig	-0.14	-0.25	-0.19	-0.15	-0.20	-0.20	-0.33	-0.25	1.00

**Tabla 17: Correlación entre características espermáticas y células testiculares**

		Probabilidades de Correlación						
		Recuento Espermático	Motilidad Individual Progresiva	Espermatogonias	Espermatocitos	Espermátides	Células de Sertoli	Células de Leydig
Coeficientes de Correlación	Recuento Espermático	1.00	0.35	0.69	0.83	0.21	0.23	0.60
	Motilidad Individual Progresiva	0.15	1.00	0.22	0.89	0.90	0.56	0.95
	Espermatogonias	-0.07	0.20	1.00	0.30	0.16	0.99	0.22
	Espermatocitos	-0.03	-0.02	0.17	1.00	0.28	$6.6 \times 10^{-4}$	0.22
	Espermátides	-0.20	0.02	-0.23	0.18	1.00	0.01	0.04
	Células de Sertoli	-0.20	-0.09	$2.6 \times 10^{-3}$	0.52	0.42	1.00	0.12
	Células de Leydig	-0.09	-0.01	-0.20	-0.20	-0.33	-0.25	1.00

## IV. CONCLUSIONES

1. Se encontraron diferencias estadísticas significativas en las dimensiones testiculares con respecto a la raza. La raza Perú tiene mayor peso, ancho y volumen testicular frente al grupo Control, y es similar estadísticamente en todas las dimensiones con la raza Andina. No hay diferencia entre edades, excepto en largo testicular donde 16 semanas supera a las 14 semanas de edad.
2. Se encontraron diferencias estadísticas en la motilidad individual progresiva en la comparación entre bases genéticas, siendo el grupo control superior a las razas Perú, Andina e Inti. Entre edades solo hubo diferencia estadística en la concentración espermática, siendo 16 semanas superior.
3. Se encontraron diferencias en el recuento de células de Sertoli, donde Perú, Andina e Inti tuvieron valores superiores frente al grupo control. No hay diferencias significativas entre edades en el recuento de células testiculares.
4. Se obtuvieron coeficientes de correlación moderados entre los parámetros peso vivo de los animales y dimensiones testiculares (peso, largo, ancho y volumen testicular), así como entre el número de células de Sertoli con el número de espermatozoides y espermátides.

## **V. RECOMENDACIONES**

1. Realizar evaluaciones de viabilidad espermática, así como la caracterización morfométrica de los espermatozoides según la raza y edad de los animales.
2. Debido a la falta de capacitación de los espermatozoides provenientes del epidídimo por la nula presencia de secreciones de glándulas anexas, se recomienda comparar la motilidad de los espermatozoides colectados del epidídimo frente a los espermatozoides provenientes de una colecta natural.
3. Realizar estudios de dilución y conservación de los espermatozoides como siguiente paso para la inseminación en cuyes.
4. Debido a la característica del semen de cuy de tener subpoblaciones espermáticas, se recomienda tomar en consideración para el conteo en la cámara de Neubauer y evitar errores.
5. Evaluar otros métodos para medir los testículos de los cuyes que permitan de manera práctica correlacionar estos parámetros con el peso vivo de los animales.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. Acaupña, C. y Marin, A. (2016). *Efecto de la extirpación de las espículas del glande del cuy como técnica de esterilización reproductiva y su influencia en agresividad y ganancia de peso en comparación con un método químico (alcohol yodado 2%)* [Tesis previa a la obtención del título de: Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
2. Akbar, B. (2010). *Tumbuhan dengan kandungan senyawa aktif yang berpotensi sebagai bahan antifertilitas*. Adabia Press
3. Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E. y Caycedo, A. (2009). *Producción de cuyes*. Fondo Editorial de la Universidad Católica Sedes Sapientiae
4. Amantea, G. (1920). Ricerche sulla secrezione spermatica: X. L'eliminazione dello sperma nella cavia e nel ratto. *Atti della Reale Accademia del Lincei*, XXIX(Quinta), 368–370.
5. Androma, E. y Khasanah, L. (2017). Anatomy and histology of reproductive organ of male guinea pig as a source of learning. *Proc. Internat. Conf. Sci. Eng.*, 1, 9–18.
6. Ángeles, V. (1976). *Colección, dilución y evaluación de las características seminales del cuy doméstico (Cavia porcellus)* [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo no publicada]. Pontificia Universidad Católica del Perú.
7. Ataucusi, S. (2015). *Manejo técnico de la crianza de cuyes en la sierra del Perú*. Cáritas del Perú.

8. Avery, G. (1925). Notes on reproduction in guinea pigs. *Journal of Comparative Psychology*, 5(5), 373–396. <https://doi.org/10.1037/h0070185>
9. Ayala, L., Rodas, R., Almeida, A., Torres, C. y Nieto, P. (2017). Espículas peneanas del cobayo (*Cavia porcellus*), influencia sobre el comportamiento sexual, fertilidad y calidad espermática. *Rev. Prod. Anim.*, 29(3), 36-42.
10. Bacha, W. y Bacha, L. (2001). *Atlas color de histología veterinaria*. Inter-Médica Editorial.
11. Becerra, Q. (2018). *Determinación de lesiones en cuyes positivos a Salmonella entérica provenientes de un sistema de crianza intensivo*. [Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista no publicada]. Universidad Científica del Sur.
12. Berndtson, W., Igboeli, G. y Parker, W. (1987). The numbers of Sertoli cells in mature Holstein bulls and their relationship to quantitative aspects of spermatogenesis. *Biology of Reproduction* 37, 60-67.
13. Benavides, F. (2012). *Caracterización del semen de cuyes (Cavia porcellus) reproductores Raza Perú* [Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista no publicada]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
14. Boersma, A., Olszanska, O., Walter, I. y Rüllicke, T. (2015). Microsurgical and percutaneous epididymal sperm aspiration for sperm collection from live mice. *Journal of the American Association for Laboratory Animal Science*. 54(5), 471-477.
15. Castro, M., Orrego, F., Cecenardo, M., Chauca, L. y Alvarado, E. (28-30 de octubre de 2019). *Desarrollo de un maniquí y vagina artificial para colección de semen en cuyes Cavia porcellus*. [Presentación en papel]. XLII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal APPA 2019, Tingo María, Perú.

16. Chauca, L. (1997). *Producción de cuyes (Cavia porcellus)*. FAO.
17. Chauca, L. (2015). Crianza de cuyes. De una actividad doméstica a una productiva. En R. Nuñez, R. Ramírez, S. Fernández, O. Araujo, M. García y T. Díaz (Ed.), *La ganadería en América Latina y el Caribe: alternativas para la producción competitiva, sustentable e incluyente de alimentos de origen animal* (pp. 527-556). Biblioteca Básica de Agricultura.
18. Chauca, L. (2019). *Manual crianza de cuyes*. INIA.
19. Chauca, L., Huamán, M., Muscari, J., Higaonna, R. (07-09 de octubre de 2015a). *Vida productiva de la línea interracial de cuyes – Sintética INIA .625-14 manejada en la costa central*. [Presentación en papel]. XXXVIII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal APPA 2015, Ayacucho, Perú.
20. Chauca, L., Huamán, M., Higaonna, R., Muscari, J. (07-09 de octubre de 2015b). *Evaluación de la edad de empadre de cuyes reproductoras Sintéticas INIA 625-1314*. [Presentación en papel]. XXXVIII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal APPA 2015, Ayacucho, Perú.
21. Chauca, L., Muscari, J. e Higaonna, R. (2005). *Sub Proyecto: "Generación de líneas mejoradas de cuyes de alta productividad"* (Informe Final INIA-INCAGRO). INIA. [https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/338/1/Generacion\\_de\\_lineas\\_mejoradas.pdf](https://repositorio.inia.gob.pe/bitstream/20.500.12955/338/1/Generacion_de_lineas_mejoradas.pdf)
22. Chauca, L., Reynaga, M., Huamán, M., Bernaola, F., Killerby, M. (28-30 de octubre de 2019). Evaluación Reproductiva de cuyes de las razas Perú, Andina, Inti, línea Sintético P<sub>0.625</sub> y control. [Presentación en papel]. XLII Reunión Científica Anual de la Asociación Peruana de Producción Animal APPA 2019, Tingo María, Perú.
23. Cooper, G. y Schiller, A. (1975). *Anatomy of the guinea pig*. Commonwealth Fund Publications

24. Da Luz, P., Santos, P., Andrighetto, C., Jorge, A. y De Assis, A. (2013). The correlation between age, body weight and testicular parameters in murreh buffalo bulls raised in Brazil. *Journal of Reproduction and Development*, 59(1), 14–17. <https://doi.org/10.1262/jrd.2012-021>
25. Enciso, P. (2010). *Evaluación de cinco programas de alimentación sobre el inicio de la pubertad de cuyes (Cavia porcellus) de raza Andina*. [Tesis para optar el grado de Magister Scientiae en Nutrición]. Universidad Nacional Agraria La Molina.
26. Falconi, E. (2015). *Evaluación de la inmuoesterilización como alternativa a la esterilización quirúrgica tradicional en diferentes parámetros hormonales en cuyes (Cavia porcellus) como modelo experimental en el CEYPSA*. [Tesis de grado previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
27. FAO. (2010). *La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura*. FAO.
28. FIDA y AGROSAVIA. (2018). *Escalonamiento de la investigación regional y de la innovación de pequeños productores de cuyes en la escala de valor - Perú* (Informe Final del Proyecto: 2000000492). INIA.
29. FONCODES. (2014). *Crianza de cuyes*. Tarea Asociación Gráfica Educativa.
30. Frandson, R. (1988). *Anatomía y fisiología de los animales domésticos*. Editorial Interamericana
31. Freund, M. (1958). Collection and liquefaction of guinea pig semen. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, 98(3), 538–540. <https://doi.org/10.3181/00379727-98-24099>

32. Hafez, E. (1989). *Reproducción e inseminación artificial en animales*. Editorial Interamericana
33. Hsieh, M., Huang, S., Huang, H., Chen, Y. y Hsu, Y. (2009). The reliability of ultrasonographic measurements for testicular volume assessment: Comparison of three common formulas with true testicular volume. *Asian Journal of Andrology*, 11(2), 261–265. <https://doi.org/10.1038/aja.2008.48>
34. INEI. (2012). *Sistema de Consulta de Resultados Censales. Cuadros estadísticos. IV Censo Nacional Agropecuario 2012*. <http://censos.inei.gob.pe/cenagro/tabulados/>
35. INEI. (2019). *Data completa de la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019* [archivo ZIP]. Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) 2019 - [Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI]. <https://www.datosabiertos.gob.pe/dataset/encuesta-nacional-agropecuaria-ena-2019-instituto-nacional-de-estad%C3%ADstica-e-inform%C3%A1tica-inei>
36. Junaidi, A. y Martin, G. (23-24 de julio de 2013). *Calipers and ultrasonography for measurement of the volumen and mass of testes in dogs*. [Presentación en papel]. International Conference on Animal & Dairy Sciences, Las Vegas, Nevada.
37. Leal, M., Becker-Silva, S., Chiarini, H. y França, L. (2004). Sertoli cell efficiency and daily sperm production in goats (*Capra hircus*). *Anim. Reprod.* 1 (1), 122-128.
38. Loor, A. (2015). *Caracterización morfológica del espermatozoide del cobayo (Cavia porcellus) en el cantón Latacunga*. [Tesis previa a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista]. Universidad Técnica de Cotopaxi.
39. López, V. (2010). *Indicadores de la pubertad en el cuy macho (Cavia porcellus) raza Perú* [Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario Zootecnista no publicada]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.

40. Lozano, M. (2015). *Contribución al estudio anatómico e histológico de la glándula caudal (glandula caudalis) del cuy (Cavia porcellus) macho, raza Perú*. [Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario Zootecnista no publicada]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
41. Marberger, H, y Marberger, E. (1962). Citric acid in human prostatic secretion and metastasizing cancer of prostate gland. *Br. Med. J.*, 1, 835-836.
42. Márquez, N. (2007). *Estudio anatómico del glande del cuy (Cavia porcellus) de la raza Perú* [Tesis para optar el Título Profesional de Médico Veterinario Zootecnista no publicada]. Universidad Peruana Cayetano Heredia.
43. MINAGRI (2019). *Potencial del mercado internacional para la carne de cuy*. [Archivo PDF]. <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/estudios/2019/19-potencial-del-mercado-interno-de-carne-de-cuy-2019/file>
44. Mise, M. (2014). *Evaluación de la crioconservación del semen de cobayo (Cavia porcellus) en el Laboratorio de Biotecnología de la Reproducción de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi* [Tesis previa a la obtención del título de médico veterinario, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi.
45. Montenegro, A. (2022). *Evaluación de tres crioprotectores para la crioconservación de semen de cuy (Cavia porcellus) extraído de la cola del epidídimo en el Centro Experimental Uyumbicho*. [Trabajo de titulación modalidad proyecto de investigación previo a la obtención del título de Médico Veterinario y Zootecnista]. Universidad Central del Ecuador.
46. Morón-Cadillo, F., Ochoa-Cordero, M., Trejo-González, A. y Díaz-Gómez, M. (2012). Relación del peso y edad a la pubertad, desarrollo testicular y características seminales en corderos Rambouillet. *Abanico veterinario* 2 (2), 10-16.

47. Moscoso, J., Huarancca, S., Lopez, V., Estrada, A. y Alvarez, D. (2015). *Estudio del mercado de la carne de cuy en las provincias de Cusco, Quispicanchi y Calca*. Imprenta Editorial Bartolomé de las Casas.
48. Noller, D., Flickinger, C. y Howards, S. (1977). Duration of the cycle of the seminiferous epithelium in the guinea pig determined by tritiated thymidine autoradiography. *Biology of Reproduction*, 17 (4), 532-534. <https://doi.org/10.1095/biolreprod17.4.532>
49. Nunes, A., Santos, J., Gouveia, B., Menezes, V., Matos, M., Faria, M. y Grabela, A. (2017). Morphological development of the resticles and spermatogenesis in guinea pigs (*Cavia porcellus* Linnaeus, 1758). *J. Morphol. Sci*, 34(3), 143-151. DOI: 10.4322/jms.107816
50. Ortiz-Oblitas, P., Florián-Alcántara, A., Estela-Manrique, J., Rivera-Jacinto, M., Hobán-Vergara, C. y Murga-Moreno, C. (2021). Caracterización de la crianza de cuyes en tres provincias de la región Cajamarca, Perú. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 32(2), 1–10. <https://doi.org/10.15381/rivep.v32i2.20019>
51. Palacios, N. y González, D. (2012). Correlación entre diámetro testicular y calidad espermática en ovinos criollos del municipio de Soracá, Boyacá. *Conexión Agropecuaria JDC*, 2(2), 45-55
52. Pino, T. (2015). *Descripción histológica de ovarios y testículos de cuyes (Cavia porcellus) a los dos meses de edad, suplementados con nucleótidos*. San Camilo - Arequipa, 2014 [Tesis para optar el título profesional de Médico Veterinario y Zootecnista, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio de Tesis UCSM.
53. Pond, K. y Pond, W. (2006). *Introducción a la ciencia animal*. Editorial Acribia, S.A.
54. Quishpe, J. (2021). *Evaluación de dos curvas de congelación programables para la crioconservación de semen de cuy (Cavia porcellus) en el Centro Experimental*

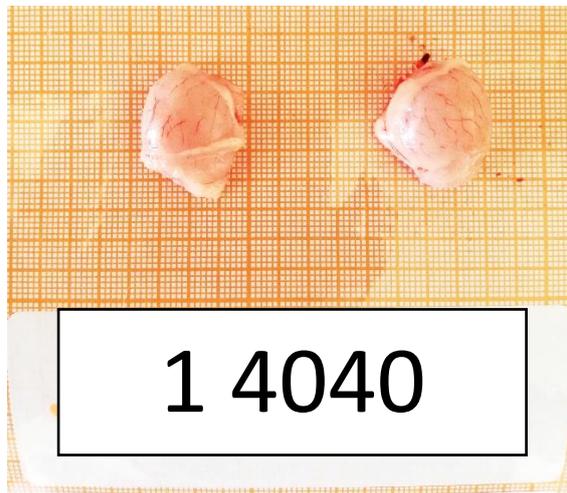
- Uyumbicho*. [Trabajo de titulación modalidad proyecto de investigación presentado como requisito previo a la obtención del título de Médico Veterinario Zootecnista]. Universidad Central del Ecuador.
55. Quispe, W. (2018). *Características espermáticas y calidad del semen de dos razas de cuyes (Cavia porcellus) en el valle de Cajamarca* [Tesis para optar el grado académico de Doctor en Ciencias, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional Universidad Nacional de Cajamarca.
56. Rigaudière, N., Pelardy, G., Robert, A. y Delost, P. (1976). Changes in the concentrations of testosterone and androstenedione in the plasma and testis of the guinea-pig from birth to death. *J. Reprod. Fert.*, 48, 291–300.
57. Rosales, C., Guevara, G., Perea, F., Ayala, L. y Nieto, P. (2021). Morfometría de la gónada masculina y espermatozoides de cuyes (*Cavia porcellus*) nativos y mejorados del sur de Ecuador. *Rev. Inv. Vet. Perú*, 32(2), 1-9.
58. Salhab, S., Zarkawi, M., Wardeh, M., Al-Masri, M. y Kassem, R. (2001). Development of testicular dimensions and size, and their relationship to age, body weight and parental size in growing awassi ram lambs. *Small Ruminant Research*, 40, 187–191. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(00\)00224-8](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(00)00224-8)
59. Shiroma, P. (2020). Daño testicular inducido por el alcohol yodado 0,5% en cuyes (*Cavia porcellus*) prepúberes. *Revista Académica de Investigación*, 35, 142-157.
60. Solis, R. y Chávez, P. (2015). *Evaluación de producción in vitro de embriones en cuyes (Cavia porcellus) en el Laboratorio de Biotecnología de la Reproducción de la Carrera de Medicina Veterinaria de la Universidad Técnica de Cotopaxi* [Tesis de grado previo a la obtención del título de médico veterinario zootecnista, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Digital Universidad Técnica de Cotopaxi.

61. Stan, F. (2015). Anatomical particularities of male reproductive system of guinea pigs (*Cavia porcellus*). *Bulletin UASVM Veterinary Medicine*, 72(2), 288–295. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-vm:11410>
62. Suzuki, Y. (1952). Studies on the development of the sexual maturation in the male. I. New kinds of ejaculatory responses in the rat and their application as the indicator of sexual activity. *Japanese Journal of Veterinary Science*, XIV(2), 125–128.
63. Taday, D. (2022). *Valoración microscópica de la calidad del semen del cuy*. [Trabajo de titulación tipo: proyecto de investigación presentado para optar por el grado académico de Ingeniero Zootecnista]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
64. Tapia, D. y Tello, D. (2016). *Evaluación cuali-cuantitativa de espermatozoides de la cola del epidídimo de cuyes (Cavia porcellus) criollos y mejorados en dos edades reproductivas* [Tesis previa a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional Universidad de Cuenca.
65. Trillmich, F., Laurien-Kehnen, C., Adrian, A. y Linke, S. (2006). Age at maturity in cavies and guinea-pigs (*Cavia aparea* and *Cavia aparea f. porcellus*): Influence of social factors. *Journal of Zoology*, 268, 285–294. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7998.2005.00015.x>
66. Valencia, R. (1978). *Contribución al estudio anatómico del aparato reproductor macho del cuy (Cavia cobayo)* [Tesis para optar el grado de Bachiller no publicada]. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
67. Vásquez, B. y Del Sol, M. (2010). Estudio morfológico de la próstata y glándulas vesiculares de cobayo (*Cavia porcellus*). *Int. J. Morphol.*, 28(4), 1301–1307. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022010000400050>

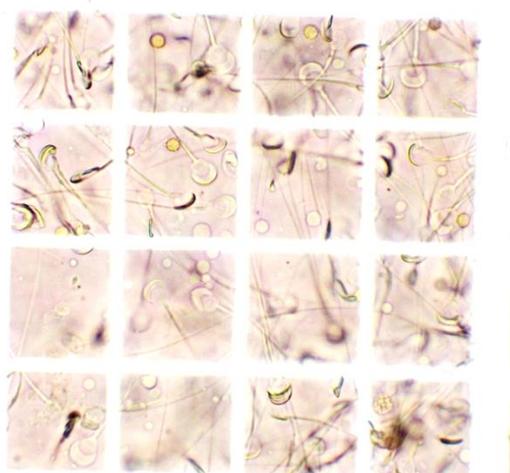
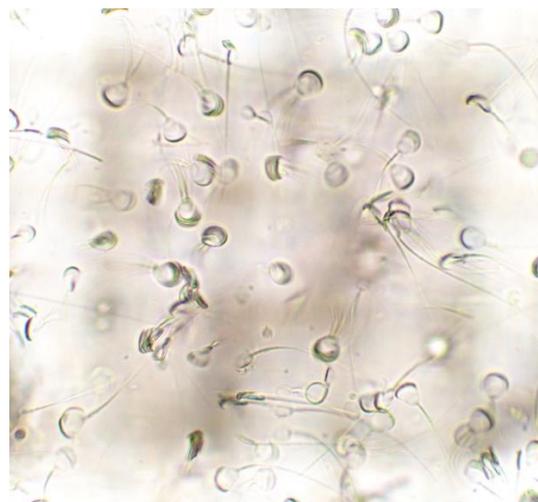
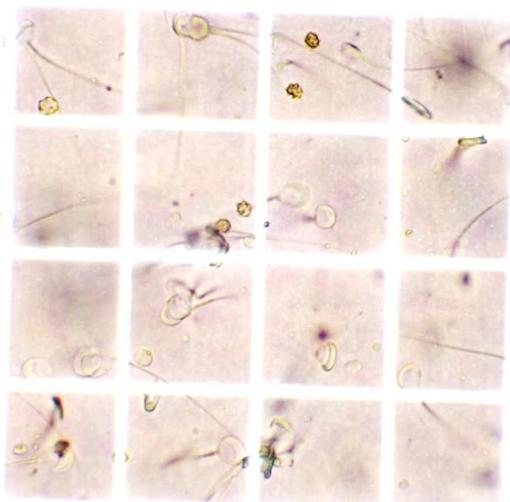
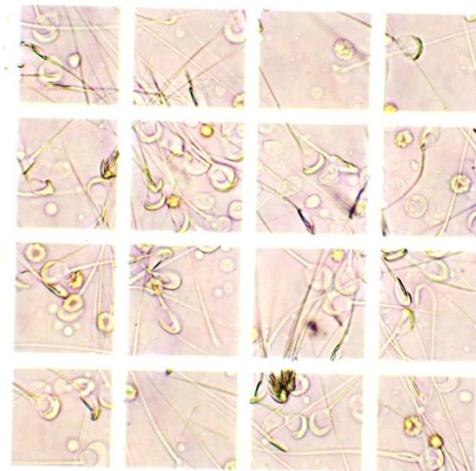
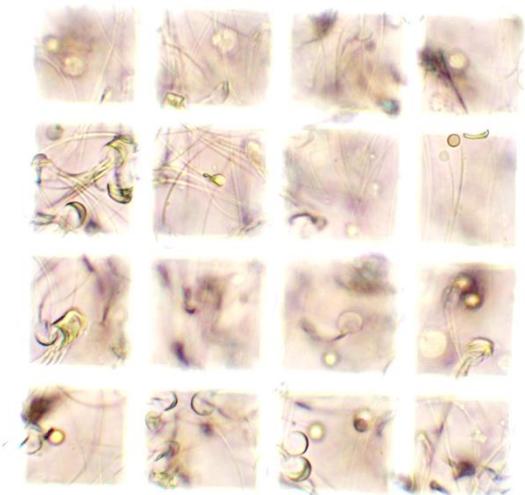
68. Vivanco, W., Angeles, V., Muscari, J. y Chavez, J. (4-6 de abril de 1977). *Colección, evaluación y conservación del semen del cuy doméstico* [Presentación en papel]. I Reunión Científica Anual APPA. Lima, Perú
69. Watson-Whitmyre, M. y Stetson, M. (1985). A mathematical method for estimating paired testes weight from in situ testicular measurements in three species of hamster. *The Anatomical Record*, 213, 473–476. <https://doi.org/10.1002/ar.1092130313>

## VII. ANEXOS

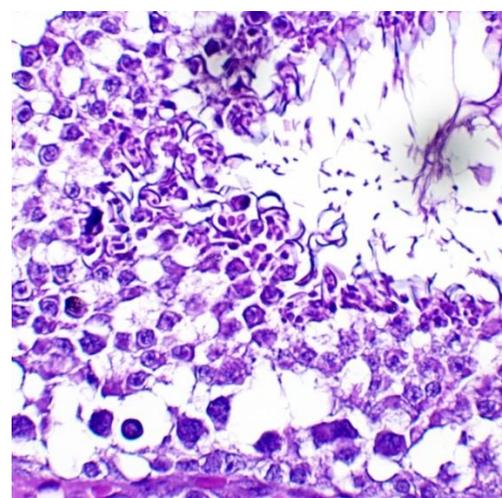
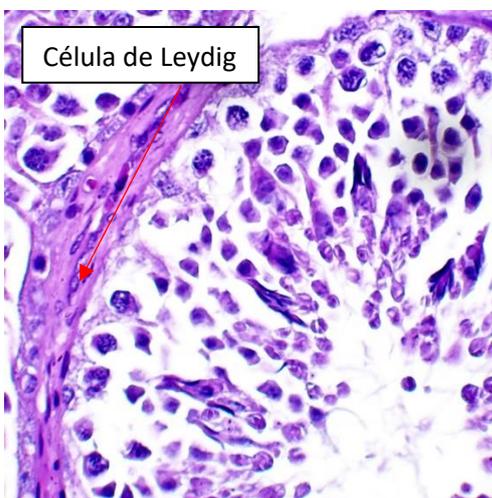
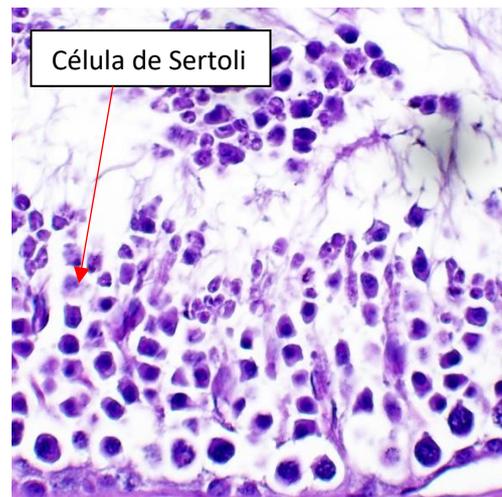
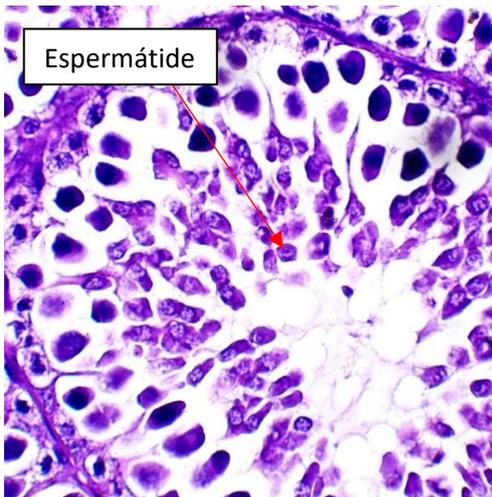
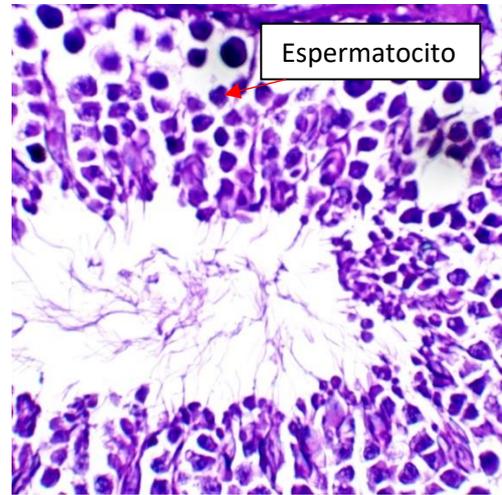
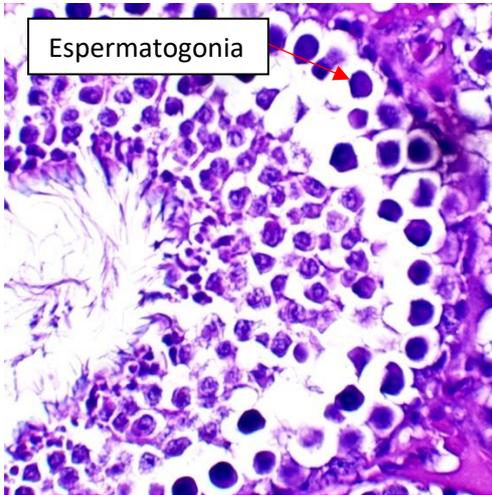
### Anexo 1: Material fotográfico de testículos diseccionados



## Anexo 2: Material fotográfico de recuento espermático



### Anexo 3: Material fotográfico de conteo de células testiculares



#### Anexo 4: Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilks modificado)

##### Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
1/Peso	40	0.20	0.05	0.93	0.0478
Largo	40	2.00	0.21	0.95	0.3062
Ancho	40	1.59	0.14	0.93	0.0522
Volumen	40	2.67	0.70	0.96	0.5135
RC	40	1.56	0.83	0.94	0.1250
1/Motilidad	40	3.0E-04	1.3E-04	0.93	0.0649
Espermatogonias	40	2765.00	755.34	0.95	0.3496
Espermatocitos	40	6772.50	1882.58	0.94	0.1580
Espermatides	40	6542.50	2839.46	0.95	0.3191
Log Sertoli	40	3.56	0.19	0.96	0.4056
Leydig	40	1950.00	1068.91	0.93	0.0906

## Anexo 5: Análisis estadístico ANOVA y prueba de Duncan

### Análisis de la varianza

#### 1/Peso

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1/Peso	40	0.27	0.12	24.77

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.03	7	4.1E-03	1.73	0.1367
BG	0.02	3	0.01	2.58	0.0706
Edad	0.01	1	0.01	2.37	0.1338
BG*Edad	4.8E-03	3	1.6E-03	0.67	0.5769
Error	0.08	32	2.4E-03		
Total	0.10	39			

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0024 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.		
2	0.17	10	0.02	A	
1	0.18	10	0.02	A	B
3	0.21	10	0.02	A	B
4	0.23	10	0.02		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0024 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
16	0.18	20	0.01	A
14	0.21	20	0.01	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

#### Largo

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Largo	40	0.40	0.27	8.98

#### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.69	7	0.10	3.05	0.0142
BG	0.36	3	0.12	3.70	0.0216
Edad	0.17	1	0.17	5.24	0.0288
BG*Edad	0.16	3	0.05	1.66	0.1943
Error	1.03	32	0.03		
Total	1.72	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0323 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.		
3	1.87	10	0.06	A	
4	1.95	10	0.06	A	B
2	2.08	10	0.06		B
1	2.10	10	0.06		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0323 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.		
14	1.94	20	0.04	A	
16	2.07	20	0.04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Ancho**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Ancho	40	0.36	0.22	7.54

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	7	0.04	2.54	0.0335
BG	0.15	3	0.05	3.57	0.0246
Edad	0.02	1	0.02	1.11	0.2993
BG*Edad	0.09	3	0.03	1.99	0.1346
Error	0.46	32	0.01		
Total	0.72	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0144 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.		
4	1.51	10	0.04	A	
3	1.55	10	0.04	A	B
2	1.64	10	0.04		B
1	1.66	10	0.04		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0144 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.		
14	1.57	20	0.03	A	
16	1.61	20	0.03	A	

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Volumen**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Volumen	40	0.38	0.25	22.67

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.34	7	1.05	2.86	0.0195
BG	4.55	3	1.52	4.14	0.0138
Edad	1.09	1	1.09	2.97	0.0944
BG*Edad	1.70	3	0.57	1.54	0.2223
Error	11.73	32	0.37		
Total	19.06	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.3665 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
3	2.33	10	0.19	A
4	2.34	10	0.19	A
2	2.95	10	0.19	B
1	3.06	10	0.19	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.3665 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	2.51	20	0.14	A
16	2.84	20	0.14	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**RC**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
RC	40	0.30	0.15	48.85

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	7.95	7	1.14	1.95	0.0930
BG	2.32	3	0.77	1.33	0.2825
Edad	4.51	1	4.51	7.76	0.0089
BG*Edad	1.13	3	0.38	0.65	0.5901
Error	18.60	32	0.58		
Total	26.56	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.5813 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
2	1.19	10	0.24	A
3	1.51	10	0.24	A
1	1.75	10	0.24	A
4	1.80	10	0.24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.5813 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	1.23	20	0.17	A
16	1.90	20	0.17	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## 1/Motilidad

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
1/Motilidad	40	0.45	0.33	34.98

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2.8E-07	7	4.0E-08	3.68	0.0050
BG	1.6E-07	3	5.3E-08	4.85	0.0068
Edad	2.9E-08	1	2.9E-08	2.64	0.1141
BG*Edad	9.3E-08	3	3.1E-08	2.87	0.0517
Error	3.5E-07	32	1.1E-08		
Total	6.3E-07	39			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
2	2.3E-04	10	3.3E-05	A
1	2.7E-04	10	3.3E-05	A
3	2.9E-04	10	3.3E-05	A
4	4.0E-04	10	3.3E-05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.0000 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
16	2.7E-04	20	2.3E-05	A
14	3.2E-04	20	2.3E-05	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Espermatogonias

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Espermatogonias	40	0.46	0.35	22.07

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	10339000.00	7	1477000.00	3.97	0.0032
BG	2161000.00	3	720333.33	1.94	0.1438
Edad	1225000.00	1	1225000.00	3.29	0.0791
BG*Edad	6953000.00	3	2317666.67	6.23	0.0019
Error	11912000.00	32	372250.00		
Total	22251000.00	39			

### Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 372250.0000 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
2	2520.00	10	192.94	A
3	2560.00	10	192.94	A
1	2910.00	10	192.94	A
4	3070.00	10	192.94	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 372250.0000 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	2590.00	20	136.43	A
16	2940.00	20	136.43	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Espermatocitos**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Espermatocitos	40	0.19	0.01	27.60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26419750.00	7	3774250.00	1.08	0.3986
BG	3650750.00	3	1216916.67	0.35	0.7906
Edad	13340250.00	1	13340250.00	3.82	0.0595
BG*Edad	9428750.00	3	3142916.67	0.90	0.4521
Error	111800000.00	32	3493750.00		
Total	138219750.00	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 3493750.0000 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
1	6370.00	10	591.08	A
4	6720.00	10	591.08	A
3	6780.00	10	591.08	A
2	7220.00	10	591.08	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 3493750.0000 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	6195.00	20	417.96	A
16	7350.00	20	417.96	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )**Espermatides**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Espermatides	40	0.18	8.5E-04	43.38

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	56657750.00	7	8093964.29	1.00	0.4462
BG	42972750.00	3	14324250.00	1.78	0.1711
Edad	10100250.00	1	10100250.00	1.25	0.2712
BG*Edad	3584750.00	3	1194916.67	0.15	0.9300
Error	257780000.00	32	8055625.00		
Total	314437750.00	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 8055625.0000 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
4	5340.00	10	897.53	A
1	5770.00	10	897.53	A
3	7140.00	10	897.53	A
2	7920.00	10	897.53	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 8055625.0000 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	6040.00	20	634.65	A
16	7045.00	20	634.65	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

**Log Sertoli**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Log Sertoli	40	0.51	0.40	4.09

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.71	7	0.10	4.75	0.0010
BG	0.38	3	0.13	6.03	0.0022
Edad	0.08	1	0.08	3.77	0.0610
BG*Edad	0.24	3	0.08	3.79	0.0197
Error	0.68	32	0.02		
Total	1.39	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0212 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
4	3.41	10	0.05	A
3	3.56	10	0.05	B
1	3.61	10	0.05	B
2	3.68	10	0.05	B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 0.0212 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
14	3.52	20	0.03	A
16	3.61	20	0.03	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p &gt; 0.05)

**Leydig**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Leydig	40	0.10	0.00	57.50

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4328000.00	7	618285.71	0.49	0.8334
BG	2018000.00	3	672666.67	0.54	0.6616
Edad	1369000.00	1	1369000.00	1.09	0.3045
BG*Edad	941000.00	3	313666.67	0.25	0.8611
Error	40232000.00	32	1257250.00		
Total	44560000.00	39			

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 1257250.0000 gl: 32

BG	Medias	n	E.E.	
2	1670.00	10	354.58	A
1	1800.00	10	354.58	A
3	2100.00	10	354.58	A
4	2230.00	10	354.58	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Test:Duncan Alfa=0.05**

Error: 1257250.0000 gl: 32

Edad	Medias	n	E.E.	
16	1765.00	20	250.72	A
14	2135.00	20	250.72	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

## Anexo 6: Coeficientes y probabilidades de correlación

### Coeficientes de correlación

Correlación de Pearson: Coeficientes\probabilidades

	Peso Vivo	Peso SG	Largo	Ancho	Volumen	RC	Motilidad	Espermatogonias	Espermatocitos	Espermatides	Sertoli	Leydig
Peso Vivo	1.00	0.16	1.8E-03	0.02	3.1E-03	0.14	0.72	0.57	0.72	0.61	0.52	0.55
Peso SG	0.24	1.00	4.7E-04	0.01	5.2E-04	0.59	0.11	0.57	0.31	0.66	0.08	0.06
Largo	0.48	0.54	1.00	5.2E-08	0.00	0.29	0.17	0.37	0.17	0.34	0.10	0.12
Ancho	0.37	0.45	0.74	1.00	0.00	0.37	0.24	0.07	0.40	0.25	0.34	0.25
Volumen	0.46	0.54	0.88	0.94	1.00	0.18	0.26	0.08	0.29	0.33	0.23	0.34
RC	0.24	0.09	0.17	0.15	0.22	1.00	0.35	0.69	0.83	0.21	0.23	0.60
Motilidad	0.06	0.26	0.22	0.19	0.18	0.15	1.00	0.22	0.89	0.90	0.56	0.95
Espermatogonias	0.09	-0.10	-0.15	-0.29	-0.28	-0.07	0.20	1.00	0.30	0.16	0.99	0.22
Espermatocitos	-0.06	0.17	0.22	0.14	0.17	-0.03	-0.02	0.17	1.00	0.28	6.6E-04	0.22
Espermatides	-0.08	0.07	0.16	0.19	0.16	-0.20	0.02	-0.23	0.18	1.00	0.01	0.04
Sertoli	0.10	0.29	0.27	0.16	0.19	-0.20	-0.09	2.6E-03	0.52	0.42	1.00	0.12
Leydig	-0.10	-0.31	-0.25	-0.19	-0.15	-0.09	0.01	-0.20	-0.20	-0.33	-0.25	1.00

## Anexo 7: Data de los animales evaluados

BG	Código	Edad (sem)	TC	Peso Vivo (g)	Peso SG (g)	Peso CG (g)	Largo Promedio (cm)	Ancho Promedio (cm)	Volumen (cm <sup>3</sup> )
1	3947	16	5	1311	6	8	2.4	1.7	3.5
1	3948	16	4	1271	9	18	2.3	1.7	3.5
1	3968	16	4	1534	11	21	2.2	1.7	3.3
1	3974	16	3	967	5	11	2.0	1.5	2.4
1	3984	16	3	1174	5	12	2.0	1.5	2.3
1	4040	14	3	1133	5	10	2.0	1.7	2.9
1	4051	14	4	1203	3	14	1.8	1.5	2.2
1	4059	14	3	1081	7	22	2.1	1.8	3.6
1	4102	14	4	1190	4	12	1.9	1.7	2.9
1	4107	14	5	1154	8	18	2.3	1.8	4.0
2	5247	16	3	1164	5	11	2.0	1.4	1.9
2	5256	16	4	1174	5	18	2.1	1.7	3.1
2	5261	16	4	1113	6	15	2.2	1.8	3.6
2	5268	16	2	1307	11	22	2.4	1.9	4.4
2	5273	16	2	1189	8	23	2.5	1.7	3.9
2	5361	14	3	994	6	11	1.7	1.5	2.1
2	5362	14	3	1102	5	12	1.9	1.6	2.4
2	5385	14	5	1020	5	12	2.0	1.6	2.7
2	5393	14	3	1290	5	15	2.1	1.7	3.3
2	5418	14	5	1184	6	15	1.9	1.5	2.1
3	5169	16	4	1107	4	12	1.8	1.6	2.6
3	5288	16	3	1150	6	15	1.9	1.5	2.2
3	5199	16	4	1032	5	12	1.7	1.5	1.9
3	5214	16	5	1240	5	17	2.0	1.6	2.8
3	5266	16	2	1189	5	17	1.9	1.5	2.1
3	5273	14	2	950	4	10	2.1	1.7	3.1
3	5296	14	4	1021	7	14	1.8	1.6	2.2
3	5297	14	4	1147	4	12	1.6	1.3	1.4
3	5308	14	4	1021	7	19	2.1	1.6	2.7
3	5326	14	6	1009	4	12	1.8	1.6	2.3
4	2754	16	5	1210	6	19	1.9	1.6	2.5
4	2774	16	5	1006	4	12	1.9	1.6	2.6
4	2781	16	3	1097	4	10	1.9	1.5	2.2
4	2794	16	5	1132	4	15	2.1	1.6	2.9
4	2817	16	5	1242	5	15	2.1	1.6	3.0
4	2819	14	5	1100	4	15	1.9	1.5	2.0
4	2823	14	2	1115	5	13	2.2	1.6	2.8
4	2850	14	3	1049	4	10	2.1	1.5	2.3
4	2852	14	3	1045	5	12	1.7	1.3	1.6
4	2853	14	3	964	4	12	1.7	1.3	1.5

BG	Código	Edad	Recuento Celular	Motilidad
1	3947	16	0.97	70
1	3948	16	0.16	60
1	3968	16	3.12	60
1	3974	16	2.03	50
1	3984	16	2.73	50
1	4040	14	1.61	10
1	4051	14	0.35	0
1	4059	14	1.24	50
1	4102	14	2.13	10
1	4107	14	3.15	60
2	5247	16	1.17	0
2	5256	16	1.14	60
2	5261	16	1.74	60
2	5268	16	1.78	70
2	5273	16	1.96	10
2	5361	14	0.73	70
2	5362	14	0.87	60
2	5385	14	0.89	70
2	5393	14	0.94	30
2	5418	14	0.69	60
3	5169	16	2.13	40
3	5288	16	2.51	70
3	5199	16	1.77	20
3	5214	16	3.04	40
3	5266	16	0.31	60
3	5273	14	0.55	20
3	5296	14	1.03	40
3	5297	14	1.23	10
3	5308	14	2.15	50
3	5326	14	0.33	10
4	2754	16	2.46	70
4	2774	16	2.72	80
4	2781	16	2.02	70
4	2794	16	1.67	50
4	2817	16	2.50	10
4	2819	14	0.81	40
4	2823	14	1.76	60
4	2850	14	1.04	80
4	2852	14	1.64	70
4	2853	14	1.36	0

BG	Código	Edad	Espermatogonias	Espermatocitos	Espermátides	Sertoli	Leydig
1	3947	16	3600	10900	11100	7300	1300
1	3948	16	3000	6500	9100	6500	2000
1	3968	16	3600	5400	1000	4100	1000
1	3974	16	3700	7400	5000	6400	1600
1	3984	16	4000	5000	5800	3300	1100
1	4040	14	2400	8200	6700	4700	1200
1	4051	14	2500	3200	4200	1900	3100
1	4059	14	2400	4700	4200	3000	2500
1	4102	14	2400	7700	4300	3600	3200
1	4107	14	1500	4700	6300	2800	1000
2	5247	16	2200	6200	5200	7600	1700
2	5256	16	2400	11500	12200	9200	900
2	5261	16	2700	7400	7800	5800	900
2	5268	16	1400	5900	5900	3200	3800
2	5273	16	2000	11400	8800	7000	900
2	5361	14	2900	9000	2900	5100	3800
2	5362	14	1900	3400	16200	4900	600
2	5385	14	2600	4500	9800	3700	2700
2	5393	14	2400	5800	6500	2000	1100
2	5418	14	4700	7100	3900	3900	300
3	5169	16	1900	6700	8000	3800	1200
3	5288	16	2600	5800	8900	4000	400
3	5199	16	2000	7900	9100	2400	1400
3	5214	16	2300	6200	6300	3700	3500
3	5266	16	3700	6800	5600	1900	2700
3	5273	14	2500	7200	9100	3800	2500
3	5296	14	3100	7100	4300	4100	1100
3	5297	14	2300	5100	6400	4800	5000
3	5308	14	2300	7900	6000	2900	1700
3	5326	14	2900	7100	7700	6700	1500
4	2754	16	3100	6500	4500	2300	2300
4	2774	16	2900	8200	5600	2400	3200
4	2781	16	3900	5300	8200	2600	2200
4	2794	16	4300	8700	5000	2800	1500
4	2817	16	3500	7300	7800	4000	1700
4	2819	14	2900	7000	5700	3200	1800
4	2823	14	1800	3900	2000	2000	2800
4	2850	14	2300	6900	5600	2300	2300
4	2852	14	3200	6800	3600	3600	3200
4	2853	14	2800	6600	5400	1600	1300