

UNIVERSIDAD DE CUENCA



FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

CARRERA DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

“Efecto de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas en cobayos y su influencia en la fertilidad”

Tesis previa a la obtención del Título de Médico Veterinario Zootecnista.

AUTORES:

Loja González María Magdalena: C.I 0106781511

Illescas Solórzano Johanna Alexandra: C.I 0105979686

DIRECTOR

Luis Eduardo Ayala Guanga, PhD: C.I 0102635463

CUENCA – ECUADOR

2018



RESUMEN

La presente investigación determinó la relación entre los niveles de testosterona total (TT) y el desarrollo de las espículas peneanas (EP), valoró el efecto de la aplicación de testosterona exógena sobre la regeneración de las EP y evaluó la influencia de las EP sobre la fertilidad y prolificidad de los cobayos. Se realizaron tres experimentos divididos en grupos: Experimento 1 (Grupo 1 enteros, n=25; Grupo 2 extirpados las EP, n=25; Grupo 3 castrados, n=25); Experimento 2 (Grupo 1 castrados+250 ug de Enantato de testosterona, n=15; Grupo 2 castrados+125 ug de Enantato de testosterona, n=15; Grupo 3 enteros, n=15); Experimento 3 (Grupo 1 enteros+hembras, n=5+25; Grupo 2 extirpados las EP+hembras, n=5+25). La TT fue determinada por RIA, la longitud de las EP mediante una cámara Excelis AU-600-HD montada a un microscopio (100x) mediante el software AmScope V.3.7, la fertilidad y prolificidad se evaluaron por el número de hembras gestantes y el número de crías nacidas. Determinando que la longitud de las EP depende de los niveles de TT; sin embargo, si las EP son extirpadas en cobayos con testículos funcionales los niveles de TT generados por las gónadas no son suficientes para producir regeneración de las EP; mientras que, si las EP sufren un proceso de regresión por la castración pueden volver a regenerarse con testosterona exógena; por otra parte, las EP no influyen en el porcentaje de fertilidad pero si tienen una influencia significativa en el porcentaje de prolificidad, la cual no se relaciona con niveles bajos de TT en animales extirpados las EP.

PALABRAS CLAVES: COBAYO, ESPÍCULAS PENEANAS, TESTOSTERONA, FERTILIDAD, PROLIFICIDAD, EXTIRPACIÓN, CASTRACIÓN.



ABSTRACT

The present investigation determined the relationship between the levels of total testosterone (TT) and the development of the penile spicules (EPs); in addition, evaluated the effect of the application of exogenous testosterone on the regeneration of Eps; and finally, evaluated the influence of EPs on the fertility and prolificacy of guinea pigs. Three experiments were divided into groups: Experiment 1 (Group 1 integers, n = 25; Group 2 extirpated EPs, n = 25; Group 3 castrated, n = 25); Experiment 2 (Group 1 castrated + 250ug of Testosterone Enanthate, n = 15; Group 2 castrated + 125ug of Testosterone Enanthate, n = 15; Group 3 integers, n = 15); Experiment 3 (Group 1 integers + females, n = 5 + 25, Group 2 extirpated EPs + females, n = 5 + 25). The TT was determined by RIA, the length of the EPs by means of an Excelis camera AU-600-HD mounted to a microscope (100x) by the software AmScope V.3.7 and the fertility and prolificacy was evaluated by the number of pregnant females and the number of babies born. Determining that the length of the EP depends on the TT levels; however, if EPs are excised in guinea pigs with functional testes, the levels of TT generated by the gonads are not sufficient to produce regeneration of the EPs; whereas, if EPs suffer a regression process due to castration, they can be regenerated with exogenous testosterone; On the other hand, EPs do not influence the percentage of fertility, but they do have a significant influence on the percentage of prolificacy, which is not related to low levels of TT in animals that are extirpated.

KEY WORDS: GUINEA PIG, PENEUS SPICULES, TESTOSTERONE, FERTILITY, PROLIFICITY, EXTIRPATION, CASTRATION.



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|-----------------------------------------|----|
| 1 INTRODUCCIÓN | 16 |
| 1.1 OBJETIVOS | 18 |
| 1.1.1 OBJETIVO GENERAL | 18 |
| 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 18 |
| 1.2 HIPÓTESIS | 18 |
| 2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 19 |
| 2.1 APARATO REPRODUCTOR DEL MACHO | 19 |
| 2.1.1 Glándulas accesorias | 20 |
| 2.1.2 Testículos | 21 |
| □ La Testosterona | 23 |
| 2.1.3 Pene | 26 |
| □ Espículas Peneanas | 27 |
| 2.2 REPRODUCCIÓN DE LOS COBAYOS | 29 |
| 2.2.1 Madurez sexual | 29 |
| 2.2.2 Ciclo estral | 30 |
| 2.2.3 Empadre | 30 |
| 2.2.4 Cópula | 30 |
| 2.2.5 Fertilización | 30 |
| 2.2.6 Implantación | 31 |
| 2.2.7 Gestación | 31 |
| 2.2.8 Diagnóstico de preñez | 31 |
| 2.2.9 Parto | 32 |



| | |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.2.10 Tamaño de la camada y características de los recién nacidos | 32 |
| 2.3 EXPERIMENTACIÓN EN ANIMALES DE LABORATORIO..... | 32 |
| 2.4 RECOLECCIÓN DE SANGRE..... | 33 |
| 2.5 INMUNOANÁLISIS ENZIMÁTICO COMPETITIVO (ELISA) | 35 |
| 2.6 RECOLECCIÓN DE TEJIDOS..... | 36 |
| 2.7 CÁMARA EXCELIS HD | 36 |
| 2.8 AmScope V.3.7 | 37 |
| 2.9 EXTIRPACIÓN DE LAS ESPICULAS PENEANAS DE LOS COBAYOS | 37 |
| 2.10 CASTRACIÓN..... | 37 |
| 3 MATERIALES Y MÉTODOS..... | 40 |
| 3.1 MATERIALES | 40 |
| 3.1.1 Físicos | 40 |
| 3.1.2 Químicos | 40 |
| 3.1.3 Biológicos | 40 |
| 3.2 MÉTODOS..... | 41 |
| 3.2.1 Ubicación geográfica del estudio | 41 |
| 3.2.2 Unidades experimentales | 41 |
| 3.2.3 Tratamientos realizados..... | 42 |
| 3.2.4 Análisis estadístico | 50 |
| 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 51 |
| 4.1 EXPERIMENTO 1 | 51 |
| 4.1.1 Patrón de comportamiento de la testosterona total | 51 |
| 4.1.2 Desarrollo de las espículas peneanas | 53 |
| 4.2 EXPERIMENTO 2..... | 56 |



| | |
|------------------------------------------------------|-----------|
| 4.2.1 Desarrollo de las espículas peneanas | 56 |
| 4.3 EXPERIMENTO 3 | 59 |
| 4.3.1 Fertilidad y prolificidad de los cobayos | 59 |
| 5 CONCLUSIONES | 60 |
| 6 BIBLIOGRAFÍA | 61 |
| 7 ANEXOS | 66 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Aparato reproductor del cobayo macho..... | 19 |
| Figura 2. Glándulas accesorias del aparato genital del cobayo macho..... | 21 |
| Figura 3. Anatomía del testículo..... | 22 |
| Figura 4. Epidídimo..... | 22 |
| Figura 5. Pene de cobayo..... | 26 |
| Figura 6. Espículas peneanas..... | 29 |
| Figura 7. Diagnóstico de gestación mediante palpación en cobayas..... | 31 |
| Figura 8. División Política Territorial del Cantón Cuenca..... | 41 |
| Figura 9. Grupo 1: Cobayos enteros testigos (ET) + hembras (H)..... | 49 |
| Figura 10. Grupo 2: Cobayos extirpados las espícula (EEP) + hembras (H)..... | 49 |
| Figura 11. Patrón de comportamiento de la testosterona total en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3)..... | 52 |
| Figura 12. Desarrollo de las espículas peneanas izquierdas en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3)..... | 54 |
| Figura 13. Desarrollo de las espículas peneanas derechas en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3)..... | 55 |
| Figura 14. Desarrollo de las espículas peneanas izquierdas en los primeros 95 días de vida de los cobayos castrados + aplicación de 250 ug de Enantato de testosterona (Grupo 1), castrados + aplicación de 125 ug de Enantato de testosterona (Grupo 2) y enteros (Grupo 3)..... | 57 |
| Figura 15. Desarrollo de las espículas peneanas derechas en los primeros 95 días de vida de los cobayos castrados + aplicación de 250 ug de Enantato de testosterona (Grupo 1), castrados + aplicación de 125 ug de Enantato de testosterona (Grupo 2) y enteros (Grupo 3)..... | 58 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Protocolo del experimento 1. | 43 |
| Tabla 2. Protocolo del experimento 2. | 47 |
| Tabla 3. Media y error estándar del número de crías, animales vivos y muertos que se obtuvieron a partir de hembras cruzadas con machos enteros (G1) y extirpados las espículas peneanas (G2)..... | 59 |

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

María Magdalena Loja González, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "*Efecto de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas en cobayos y su influencia en la fertilidad*", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 27 de junio del 2018.



María Magdalena Loja González

C.I. 0106781511

Cláusula de licencia y autorización para publicación en el Repositorio Institucional

Johanna Alexandra Illescas Solórzano, en calidad de autora y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación "*Efecto de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas en cobayos y su influencia en la fertilidad*", de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN reconozco a favor de la Universidad de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos.

Así mismo, autorizo a la Universidad de Cuenca para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el repositorio institucional, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 27 de junio del 2018.



Johanna Alexandra Illescas Solórzano

C.I. 0105979686

Cláusula de Propiedad Intelectual

María Magdalena Loja González, autora del trabajo de titulación "*Efecto de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas en cobayos y su influencia en la fertilidad*", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 27 de junio del 2018.



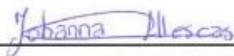
María Magdalena Loja González

C.I: 0106781511

Cláusula de Propiedad Intelectual

Johanna Alexandra Illescas Solórzano, autora del trabajo de titulación "*Efecto de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas en cobayos y su influencia en la fertilidad*", certifico que todas las ideas, opiniones y contenidos expuestos en la presente investigación son de exclusiva responsabilidad de su autora.

Cuenca, 27 de junio del 2018.



Johanna Alexandra Illescas Solórzano

C.I. 0105979686



AGRADECIMIENTOS

***“Sentir gratitud y no expresarla,
es como envolver un regalo y no darlo”.***

En primer lugar agradecemos a Dios, por permitirnos llegar a terminar esta meta de gran importancia en nuestras vidas.

Agradecemos infinitamente a nuestros padres por todo el amor, esfuerzo y dedicación que pusieron todos estos años en nosotras.

A nuestras hermanas y hermanos por todo el apoyo y amor brindado durante este camino.

Agradecemos a nuestros esposos e hijos por su apoyo incondicional y confianza brindada.

A nuestros compañeros de aula por todos estos años de amistad y momentos compartidos. A nuestro director de tesis; Dr. Luis Ayala por su apoyo, paciencia y motivación para la realización de esta investigación. De igual forma sentimos gratitud con el Dr. Daniel Argudo por su entera colaboración hacia la presente investigación.

No podemos dejar de expresar nuestra gratitud a la Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, en conjunto con sus catedráticos y excatedráticos; por haber compartido con nosotras sus conocimientos, experiencias y amistad.

Por último queremos agradecer a nuestros familiares y amigos, porque todas las personas que nos rodean aportan un granito de arena en nuestras vidas.

María Magdalena Loja González

Johanna Alexandra Illescas Solórzano



DEDICATORIA

Con infinito amor quiero dedicarle esta tesis de grado a mi madre Julia Ernestina González Urgiles por todos los años de esfuerzo, dedicación, paciencia y amor que supo darme, y que aunque no pudo llegar a compartir este logro conmigo sé lo orgullosa y feliz que se sentía al saber que este sueño tan anhelado se haría realidad.

A mi padre Miguel Guillermo Loja Bermeo que a pesar de las adversidades siempre estuvo presente en mi vida, aportando económicamente, pero sobre todo brindándome sus sabios consejos, los que fueron de gran ayuda para animarme día a día a cumplir con cada meta propuesta en mi vida y los que me formaron para que hoy en día sea la persona que soy.

De manera muy especial le dedico esta tesis a mi amiga, confidente y hermana María Eugenia por brindarme su apoyo incondicional en cada momento de mi vida, sin duda alguna, si ella no existiera nada de lo que soy y lo que tengo sería posible. A pesar de que tengamos nuestras eventuales discusiones y malos encuentros, y de que seamos polos opuestos en muchas cuestiones, has sido una de las principales personas involucradas para que este y muchos otros proyectos se realicen.

A mi sobrino Dilan Gabriel, tú fuiste la razón por la cual nunca me rendí, quise y quiero ser un ejemplo de superación para tí.

A mi esposo Santiago Javier y a mi hijo Santiago Ernesto, ustedes llegaron a mi vida para llenar mis días de felicidad. Gracias mis amados por apoyarme y animarme a culminar con mi tesis de grado.

Por último a mi familia política Alfonso, Esperanza, Álvaro y Rebeca; porque en este corto tiempo me han brindado su apoyo y cariño incondicional.

María Magdalena Loja González



DEDICATORIA

Con mucho amor quiero dedicar esta tesis a mi mamita Olimpia Liduvina Solórzano Sigüenza; que gracias a su apoyo, ejemplo, sabiduría y amor incondicional hoy logro una meta más en mi vida.

A mi papito Carlos Oswaldo Illescas Mogrovejo por ser mi pilar fundamental en la realización de mi vida, por estar siempre presente con tu apoyo incondicional día a día sin importar las distancias, siempre has estado a mi lado ayudándome a seguir y a cumplir cada una de mis metas.

De manera muy especial quiero dedicar esta tesis a mis hermanos y confidentes Flor Jessenia y Carlos Jonathan con quienes he compartido grandes cosas, entre alegrías y tristezas, que siempre perdure ese amor en cada uno de nuestros hogares para que seamos ejemplo a seguir de nuestros hijos.

A mi esposo José Luis Illescas Peralta y a mi hijo André Matías Illescas Illescas, quienes llegaron a mi vida y la llenaron de mucha felicidad, estoy eternamente agradecida a Dios por tenerlos y porque ustedes me animan a seguir. Y es por tí hijo mío todo mi esfuerzo y dedicación.

Por último, pero no menos importante, dedico esta tesis a mis suegros Marcelo Illescas y Rosa Peralta por su apoyo; a ti mi querida suegra, aunque la vida fue tan corta para llegar a compartir esta meta, sé lo orgullosa y feliz que te debes sentir.

Johanna Alexandra Illescas Solórzano



1 INTRODUCCIÓN

En el órgano genital del cobayo existen estructuras queratinizadas en forma de estilete que nacen en el extremo caudal conocidas como espículas peneanas, de las cuales pocos son los estudios realizados sobre su anatomía y fisiología. Recientes investigaciones han demostrado la relación entre los crecientes niveles de testosterona total y el desarrollo espicular. Otro punto controversial sobre las espículas peneanas es la influencia de estas sobre el desempeño reproductivo de los cobayos; en el sector rural muchas veces se cree que la extirpación de estas estructuras actúa como método de esterilización debido a la percepción de que en sus explotaciones de cobayos ha existido disminución en la reproducción de estos; sin embargo, este hecho no ha pasado de ser una creencia ya que los mínimos estudios científicos realizados comprueban la falta de veracidad de lo mencionado.

En el macho las hormonas gonadales son importantes para el inicio y mantenimiento del comportamiento sexual, también son necesarias para el desarrollo, crecimiento y funciones de estructuras como el pene y glándulas accesorias (1). Entre estas se encuentra la testosterona, cuyo patrón de comportamiento cambia a lo largo de la vida de los mamíferos manteniendo niveles basales desde el nacimiento hasta la pubertad hasta alcanzar su pico en la madurez sexual y decrecer en la senectud. Conducta similar se ha descrito en cobayos enteros los que luego del destete incrementan sostenida y aceleradamente los niveles basales de testosterona hasta la madurez sexual, para luego decaer (2). Otra teoría que demuestra la dependencia hormonal de los órganos sexuales es la de Phoenix et al. (3), quienes demostraron que por medio de la castración se desencadena la regresión y desorganización de las espículas del pene revirtiéndose el efecto de la castración en ratas con la restitución hormonal con andrógenos. Por otra parte Almeida (4), describió que la extirpación de las espículas peneanas en cobayos genera un grado de esterilidad; mientras que Aucapiña y Marín (5), encontraron que la extirpación de las espículas



del glande en el cual aumenta la fertilidad en comparación con cobayos enteros y de igual manera incrementa la tasa de prolificidad.

Por lo tanto; la presente investigación tiene como finalidad dar a conocer el patrón de comportamiento de la testosterona que experimentan cobayos enteros, castrados y extirpados las espículas peneanas; y la relación de esta hormona con el desarrollo longitudinal de las espículas del pene; de igual manera, la aplicación de testosterona exógena en cobayos castrados pretende establecer esta relación. Por otra parte, obtener el porcentaje de fertilidad y prolificidad de cobayos enteros y extirpados las espículas peneanas nos ayudará a determinar la influencia de dichas estructuras sobre el desempeño reproductivo de estos animales.



1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Caracterizar el comportamiento de la testosterona sobre el desarrollo de las espículas peneanas y la influencia de estas estructuras sobre la fertilidad y prolificidad de los cobayos (*Cavia porcellus*) en el altiplano ecuatoriano.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el patrón de comportamiento de la testosterona y su efecto sobre el desarrollo de las espículas peneanas en machos enteros, extirpados las espículas peneanas y castrados.
- Valorar la aplicación de testosterona exógena sobre la regeneración de las espículas peneanas del cobayo macho castrado.
- Determinar si la extirpación de las espículas peneanas influye en el porcentaje de fertilidad y prolificidad de los cobayos.

1.2 HIPÓTESIS

- El patrón de comportamiento de la testosterona es similar en los cobayos enteros, castrados y extirpados las espículas peneanas.
- El desarrollo de las espículas peneanas en los cobayos es dependiente de la testosterona.
- Las espículas peneanas influyen en la fertilidad y prolificidad de los cobayos.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 APARATO REPRODUCTOR DEL MACHO

El sistema reproductor masculino se compone de pene, testículos, epidídimo, conductos deferentes, la uretra, glándulas vesiculares, próstata, glándulas coagulantes y glándulas bulbouretrales.

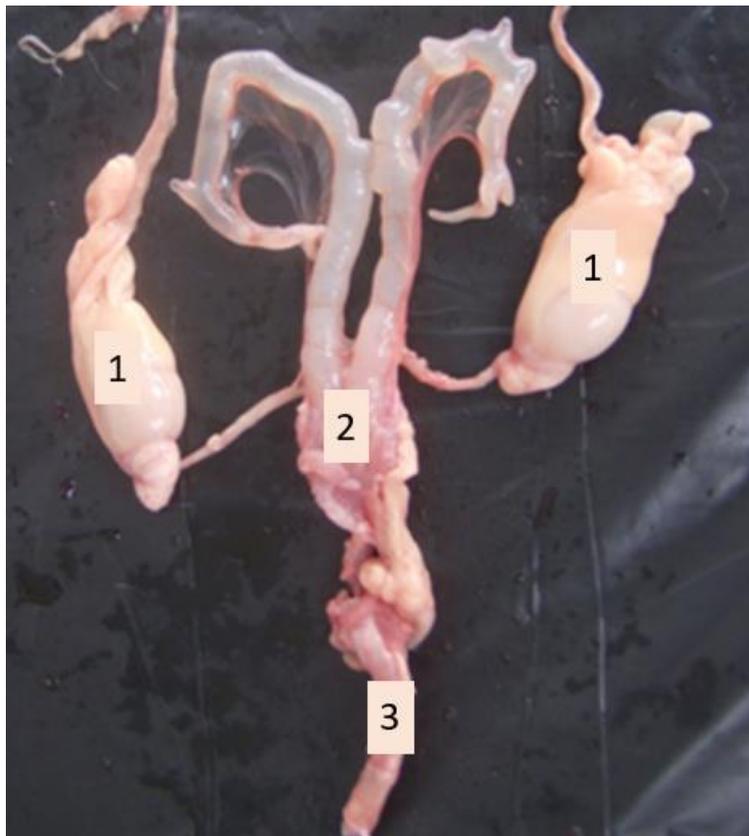


Figura 1. Aparato reproductor del cobayo macho.

1 Testículos, **2** Glándulas accesorias, **3** Pene. **Fuente:** (Autoras).



2.1.1 Glándulas accesorias

2.1.1.1 Próstata

En el cobayo se encuentra ubicada dorsal a la uretra, está constituida por una masa de tejido glandular cubierta por una delgada capsula de tejido fibroso y células musculares lisas, su tamaño aproximado es de 20 mm de largo x 15 mm de diámetro con un peso aproximado de 0,9 g (6). La secreción prostática contiene fosfatasas ácidas, prótidos, lípidos y hexosas (5).

2.1.1.2 Glándulas vesiculares

Anatómicamente son dos estructuras tubo-lobulares que miden aproximadamente 100 mm de longitud, con diámetro de 5 mm y un peso de 1,5 g. Estas se localizan sobre la cara dorsal de la uretra, relacionándose ventralmente con los conductos deferentes y la cara dorsal de la vejiga; la porción caudal de estas glándulas están cubiertas por la cara ventral de las glándulas coaguladoras dificultando la visibilidad de los conductos excretores ya que estos desembocan tanto craneal y medialmente a los conductos prostáticos y los de la glándula coaguladora caudal a los conductos deferentes en la uretra (6).

2.1.1.3 Glándulas coaguladoras

Son glándulas de color marrón rosado, las mismas que se encuentran en estrecho contacto con las vesículas seminales, donde el lóbulo dorsal se encuentra craneal a la próstata y caudal a la uretra. Cada lóbulo posee 4 conductos excretores que desembocan en la uretra, su secreción permite la coagulación de la secreción de las vesículas seminales haciendo que se forme el tapón vaginal luego de la eyaculación (7).

2.1.1.4 Glándulas bulbouretrales

Estas glándulas son dos ubicada a cada lado de la uretra pelviana muy cerca del arco isquiático, son de color amarillo o marrón, es la más caudal de las glándulas

sexuales accesorias, cada una de estas glándulas tiene un único conducto excretor que se abre en la uretra en la transición de la pelvis al cuerpo esponjoso (8).

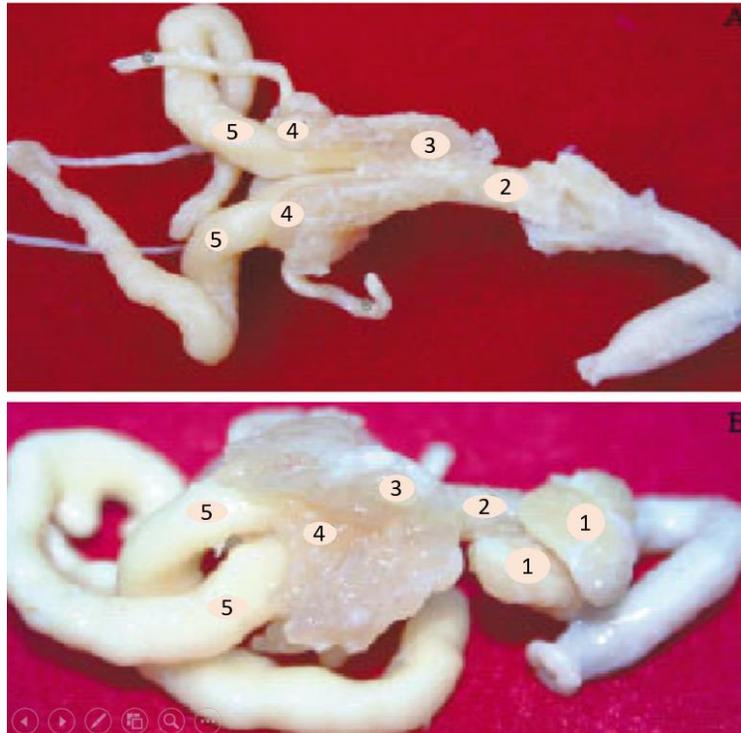


Figura 2. Glándulas accesorias del aparato genital del cobayo macho.

1 Glándulas bulbouretrales, 2 Uretra, 3 Próstata, 4 Glándulas coaguladoras, 5 Glándulas vesiculares. **Fuente:** (Vásquez et al., 2010).

2.1.2 Testículos

Los testículos están ubicados en la cavidad abdominal a ambos lados de la vejiga, su forma es ovoide; cuando el macho se excita estos testículos descienden a la región inguinal hacia el escroto en donde se encuentra una porción del músculo cremáster que es aquel que permite la migración de los testículos desde la región abdominal (9). El testículo posee dos funciones básicas: endocrina (producción de hormonas) y exocrina (producción de espermatozoides). El 85-90% del interior del volumen testicular está constituido por túbulos seminíferos y su epitelio germinal, lugar donde se producen los espermatozoides y sólo el 10-15% está ocupado por

el intersticio, donde se produce la testosterona (10). La testosterona es la hormona que interviene en la diferenciación sexual, crecimiento y normal funcionamiento de los órganos sexuales primarios y secundarios del macho (11). Los testículos se encuentran formados por las siguientes estructuras:

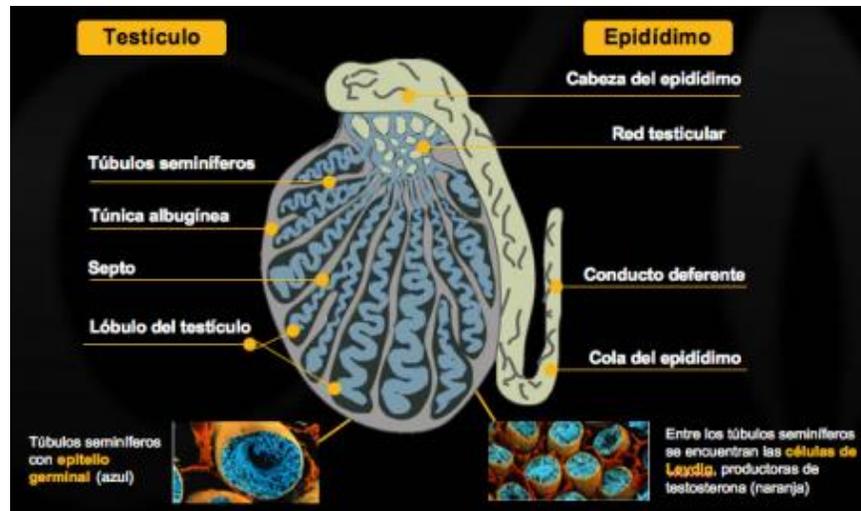


Figura 3. Anatomía del testículo.

Fuente: (Arrondo, 2004).

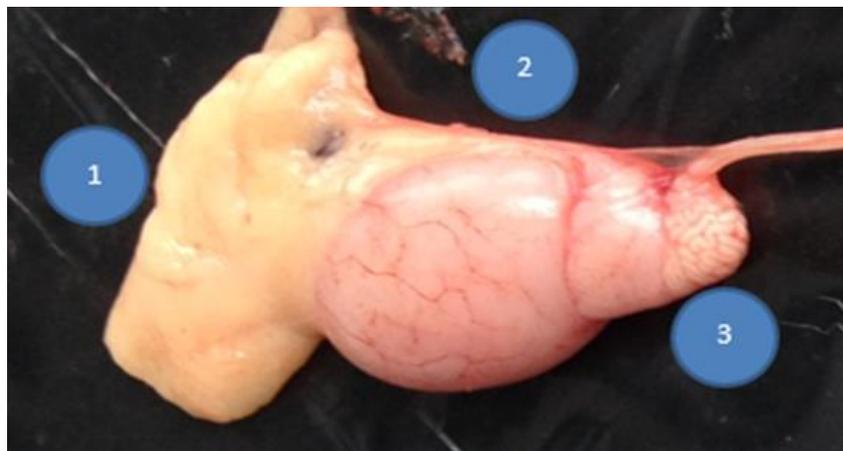


Figura 4. Epidídimo.

1 Cabeza, 2 Cuerpo, 3 Cola. Fuente: (Autoras).



❖ La Testosterona

Testosterona Endógena: La testosterona es la hormona sexual masculina sintetizada a partir del colesterol y segregada por las células intersticiales de Leydig en los testículos y en menor cantidad en las glándulas adrenales (12), pudiéndose encontrar en cantidades menores en las hembras. Es regulada a través de la retroalimentación hormonal que requiere señales del hipotálamo y la glándula pituitaria (13), y su liberación está regida por la hormona LH (12).

Durante la evolución sexual del cobayo se observa cambios en su capacidad biosintética de las hormonas sexuales. La producción de testosterona se incrementa paulatinamente con la edad desde la inmadurez hasta la pubertad alcanzando aquí sus niveles máximos y manteniéndose en el animal adulto (14).

La vida media de la testosterona es estable durante todo el período de la pubertad, la tasa de conversión a la androsterona permanece estable excepto entre los días 50 y 60 pudiéndose también encontrar un aumento lineal en el plasma, así como un incremento en el peso testicular y vesículas seminales (15). Las alteraciones en la actividad androgénica durante el desarrollo pueden afectar drásticamente el peso y el tamaño de los testículos y los órganos accesorios, así también; la separación balano prepucio, la producción de espermatozoides y el saliente de las espículas del pene.

La testosterona cumple funciones como:

- Estimulan y aceleran la espermatogénesis.
- Favorece el crecimiento, desarrollo y actividad secretora de los órganos sexuales accesorios (próstata, glándulas vesiculares, glándulas bulbo uretrales), y el pene.
- Estimulan el desarrollo de las características sexuales secundarias del macho (forma del cuerpo, sonidos que emite, etc.).



- Estimula el comportamiento sexual y el lívido del macho.
- Prolongan la vida de los espermatozoides en el epidídimo. En el cuy, a los 30 días después de la castración los espermatozoides mantienen su motilidad; si se tratan con testosterona aquella se alarga hasta los 70 días (12).

Post destete, cobayos enteros prepúberes incrementan sostenida y aceleradamente los niveles basales de testosterona total pasando de $0,76 \pm 0,07$ ng/ml a los 30 días de edad a $2,445 \pm 0,16$ ng/ml a los 65 días, luego continua el incremento de manera más lenta interrumpido por un descenso entre los días 65 a 79 en donde baja a $1,608$ ng/ml $\pm 0,14$ para luego alcanzar el valor promedio más elevado de $2,488$ ng/ml a los 93 días de edad en donde los animales alcanzan su madurez. Este episodio de descenso se presenta de manera proporcional y similar en los animales extirpados lo que puede sugerir que la producción de testosterona sigue un mismo patrón de comportamiento. Observados los animales castrados químicamente estos incrementan los niveles de testosterona hasta 7 días después de realizada la intervención pasando de $0,703$ ng/ml $\pm 0,03$ a $1,1$ ng/ml $\pm 0,31$ siendo este su mayor valor alcanzado, esto puede deberse a que la degeneración testicular ocasionada no es inmediata por lo tanto puede existir una producción de testosterona limitada que no llega a compararse con los animales enteros; posteriormente se observa un descenso sostenido y un ligero incremento a los 93 días alcanzando un tenor máximo de $0,76$ ng/ml. Cosa similar sucede con los animales extirpados quienes de igual forma incrementan su testosterona alcanzando su valor máximo a los 7 días pasando de $0,742$ ng/ml $\pm 0,06$ a $1,282$ ng/ml $\pm 0,23$, valores inferiores a los de los animales enteros y un poco superiores a los de los animales castrados, presentando también el episodio de descenso a la misma edad de los enteros y alcanzando un valor máximo de $1,142$ ng/ml $\pm 0,07$ de testosterona total a los 93 días. Este fenómeno encontrado en el grupo de animales extirpados no presenta explicación fisiológica clara pudiendo mantenernos únicamente con criterios preliminares de que estas estructuras pueden tener alguna influencia sobre la madurez sexual de



los cuyes y/o el estímulo para la generación de testosterona de origen testicular, esto se puede sugerir debido a la similitud de los valores mencionados con aquellos alcanzados por los animales castrados quienes mantienen únicamente la producción de testosterona a través de las glándulas adrenales, difiriendo en gran medida de los valores alcanzados por los animales enteros quienes mantienen las dos fuentes de testosterona (2).

Testosterona Exógena: La aplicación de testosterona exógena mejora el crecimiento de estructuras anatómicas del macho como es el pene. Estudios realizados por He DL et al. (16); en ratas castradas en la pubertad encontró que administrando testosterona exógena aumentó el peso, longitud y ancho del pene. Los andrógenos pueden afectar la formación y crecimiento del pene en diferentes tiempos, y este efecto solo ocurre en la última etapa gestacional y en la pubertad.

Phoenix et al. (3); obtuvo que 21 días después de la castración a ratas Wistar, ni las espinas ni los pliegues cidérmicos son visibles, sin embargo; luego de 9 días de aplicación de 250 ug de propionato de testosterona el plegamiento de la epidermis es aparente y las papilas redondeadas se pueden ver profundamente en los pliegues; después de 25 días de tratamiento las papilas son romas y tal vez más cortas que las del control, pero por lo demás tienen una apariencia y orientación normales; en algún momento entre 4 y 6 semanas de tratamiento, las papilas se restauran por completo y no se pueden distinguir de las del macho intacto.

Una de las sustancias más empleadas en el tratamiento del déficit anormal de testosterona, así como en el déficit del crecimiento y desarrollo de los órganos sexuales, es la testosterona. Dentro de ella podemos elegir entre diferentes tipos, cada una con propiedades y velocidad de actuación diferentes. El enantato de testosterona es uno de los tipos más potentes de testosterona que se pueden encontrar. Es un esteroide inyectable en aceite, diseñado para liberar la testosterona lentamente desde el lugar de la inyección, la mayor concentración en la sangre se produce a las 72 horas después de su aplicación, manteniéndose en

el torrente sanguíneo a lo largo de 2-4 semanas. Dado que este es un esteroide de acción prolongada, es un elemento muy bien recibido por el organismo, ya que se debe administrar cada 15 a 30 días. La testosterona se transforma en el hígado y se elimina por vía renal y en una pequeña parte junto con las heces (17).

2.1.3 Pene

Es el órgano copulador del cobayo macho. El pene presenta la túnica albugínea delgada, los cuerpos cavernosos y esponjosos están ligeramente desarrollados lo cual permite una ligera erección por turgencia. Durante la erección se produce un alargamiento debido a la contracción del músculo isquiocavernoso el mismo que permite que el glande se dirija hacia adelante. Desde su extremidad proximal hasta la distal se denomina raíz, cuerpo y glande; además existe un hueso en este órgano. El glande se encuentra contenido en un saco que está tapizado por un epitelio de transición formado por células epiteliales y están recubiertos por una capa de queratina, posee dos aberturas externas distales, una dorsal y una ventral que corresponden al meato urinario y al saco intromitente respectivamente del cual se desprenden diminutas espículas de tejido cornificado dirigidas en craneal (18). El hueso del pene es una placa alargada dorso ventralmente delgada que tiene una forma similar a una uña, se relaciona internamente a la superficie ventral del glande (19).

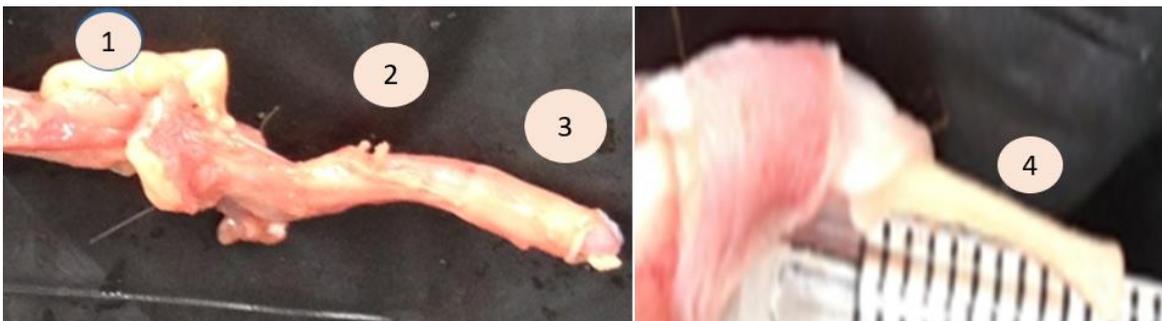


Figura 5. Pene de cobayo.

1 Raíz, 2 Cuerpo, 3 Glande, 4 Hueso peneano. **Fuente:** (Autoras).



❖ **Espículas Peneanas**

Los roedores histricomorfos poseen en el glande del pene dos espículas queratinizadas en forma de cono, denominadas procesos estiloides (9), contenidas en una estructura sacular retraible denominada prepucio (20).

Márquez et al. (21); en una descripción anatómica del glande del cuy mencionan la presencia de un saco que está tapizado internamente por un epitelio de transición formado por células epiteliales recubiertas por una capa definida de queratina a las que las llamó espinas o escamas peneanas; en el interior del saco del glande también hace mención de la presencia de un par de procesos estiloides o espículas de naturaleza córnea indicando que con la edad agudizan sus extremos, se vuelven divergentes y en algunos casos asimétricas.

Por otra parte; roedores como la rata también presentan en su pene un epitelio estratificado con espinas las cuales son protuberancias cornificadas que emergen de folículos en el epitelio del pene, las cuales están constituidas por queratina de manera similar al cabello de los humanos (22).

Estas espinas son delgadas de aproximadamente 4000-5000 μm de longitud (11). Márquez et al. (21); encontró que la longitud de las espículas peneanas es $1100 \pm 600 \mu\text{m}$ al mes de vida del cobayo, $3400 \pm 600 \mu\text{m}$ a los dos meses, $3200 \pm 500 \mu\text{m}$ a los tres meses y $3600 \pm 900 \mu\text{m}$ a los cinco meses.

El patrón de desarrollo de estas estructuras espiculares no se conoce, se ha sugerido que siguen un patrón de desarrollo prepuberal porque son andrógeno sensible. La dependencia hormonal de estas estructuras peneanas ha sido demostrada mediante la castración que provoca una regresión y desorganización a una velocidad moderadamente rápida y posterior a esta por medio de la restitución hormonal con andrógenos se invierte el efecto generado por dicha castración (3).

Arteaga et al. (22); evaluaron los niveles de testosterona y los patrones de desarrollo de las espículas del pene y los túbulos seminíferos durante la vida postnatal



temprana de ratas Wistar, realizaron un análisis longitudinal detallado en donde demostraron que las espículas del pene al igual que el tejido testicular sigue un modelo de desarrollo postnatal caracterizado por cambios morfológicos específicos con aumentos graduales de los niveles de testosterona en el plasma. Los resultados de esta investigación muestran una estrecha asociación temporal entre el crecimiento gradual en los niveles de testosterona y el crecimiento progresivo de los folículos hasta formar las espículas en el pene.

La presencia de las espículas del pene en muchos roedores y carnívoros ha sido correlacionada con la capacidad del macho para inducir el reflejo de ovulación en las hembras, pero las cobayas ovulan espontáneamente (6). Se han propuesto dos funciones principales para estas proyecciones queratinizadas:

- Para estimular la vagina durante la copulación y promover los procesos neuroendocrinos que resultan en la ovulación y / o la etapa progestacional.
- Para ayudar a eliminar los tapones que ellos u otros machos, depositan durante eyaculaciones anteriores, promoviendo así la fertilidad de la eyaculación subsiguiente.

La extirpación de las espículas del pene disminuye la producción de testosterona total a niveles similares al efecto de la castración pudiendo reemplazarla en la práctica zootécnica de crianza, teniendo relación con el desarrollo de las vesículas seminales el que se ve afectado provocando un menor desarrollo; el desarrollo testicular no se ve afectado (2). En la zona rural del Ecuador como técnica ancestral se realiza la extirpación de las espículas peneanas con la finalidad de esterilizar al cobayo y disminuir su agresividad (23). Se ha establecido una relación entre la presencia de las espículas peneanas y el porcentaje de fertilidad; encontrándose resultados diferentes. Se obtuvo que la ausencia de las espículas peneanas

disminuye la fertilidad (4), y por otro lado que la ausencia de estas estructuras aumenta el porcentaje de fertilidad de los cobayos (5).

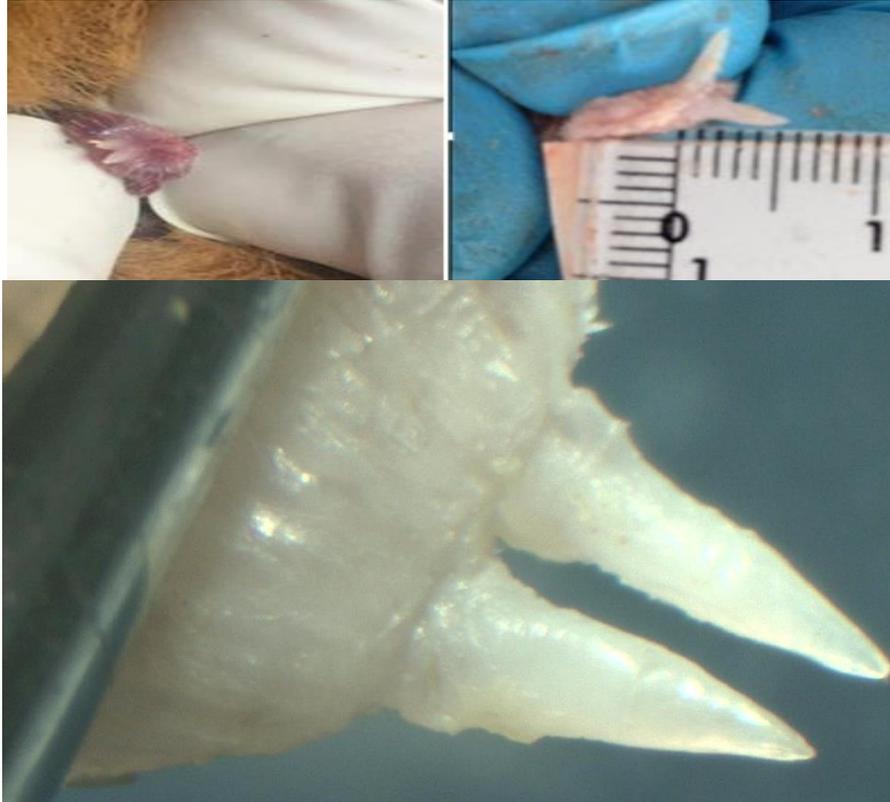


Figura 6. Espículas peneanas.

Fuente: (Autoras).

2.2 REPRODUCCIÓN DE LOS COBAYOS

2.2.1 Madurez sexual

La madurez sexual está influenciada directamente por la alimentación y por el peso vivo. Tanto las hembras como los machos llegan a su madurez sexual en etapas muy tempranas, pero siendo en los machos más tarde que en las hembras, es decir, entre 50 – 70 días con un promedio de 60 días (24).



2.2.2 Ciclo estral

El cuy es una especie poliéstrica, es decir, presenta celo durante todo el año, este ciclo corresponde al intervalo de tiempo entre la aparición de un celo y el siguiente, su duración es muy variable y oscila entre los 13 y 20 días (25). Consta de las siguientes fases: proestro, dura entre 13 y 14 horas; estro o celo, 11 y 12 horas; metaestro, dura entre 20 horas; diestro dura 14 o 15 días (26)

2.2.3 Empadre

Para cualquier sistema de producción animal conviene que las reproductoras se inicien a una edad temprana, en los cuyes esta edad debe ser posterior a la pubertad tomando como referencia de inicio reproductivo tanto en machos como en hembras que estos animales alcancen el 60% de su peso vivo adulto para así obtener una excelente respuesta en el tamaño y peso de la camada (28). El primer empadre en los machos debe realizarse cuando estos tengan una edad entre 3 y 4 meses ya que han desarrollado su tamaño óptimo y el peso supera 1,1kg; siendo mayor al de las hembras en un 34%. Su sexualidad está dirigida por su gran virilización y en consecuencia restringen su actividad únicamente al momento de la cópula (27).

2.2.4 Cópula

La cópula se realiza en cualquier época del año y generalmente es por las noches, al final de la cópula el macho secreta sustancias provenientes de las glándulas coaguladoras que forman un tapón vaginal de color blanco cremoso de 2,5 cm de largo por 1 cm de diámetro aproximadamente; entonces después de 2 horas de haber concluido la cópula la hembra lo expulsa, este tapón es muy apetecido y consumido por los cuyes. El tapón vaginal evita el reflujo del semen que fue dejado en la vagina y su presencia es un signo evidente de haber ocurrido la cópula (27).

2.2.5 Fertilización

El tiempo exacto en el que ocurre la fertilización es desconocido en el cobayo; no obstante, se considera que transcurridas 6-15 horas post coito, el folículo se encuentra localizado en la porción medial del oviducto. Existe un alto porcentaje de



fertilización en el cobayo, lo que explica que a pesar de que existen un número reducido de folículos ovulados se presente una alta tasa de parición (7).

2.2.6 Implantación

Antes de que ocurra la implantación, la muerte embrionaria es muy baja en el cobayo, la implantación ocurre aproximadamente de 6 a 7.5 días luego del coito (4).

2.2.7 Gestación

Se debe considerar que el cuy es una especie poliéstrica y estas hembras tienen la capacidad de presentar un celo postparto asociado con la ovulación. El periodo de gestación es de 68 días (26).

2.2.8 Diagnóstico de preñez

Para un control de gestación de las cobayas se procede a realizar la palpación de los cuernos uterinos, se debe tomar con sumo cuidado a la madre por la parte posterior del cuello con el pulgar, el índice y dedo medio de la mano izquierda, mientras que los otros dos dedos deberán sostener el tórax del animal. Luego se procede a extender los dedos y a realizar un movimiento continuo, examinando así toda la cavidad abdominal, de esta manera se conseguirá palpar los cuernos uterinos con la punta de los dedos, la presencia de abultamientos en los mismos es indicativo eficaz de preñez, no obstante, es muy importante tener cuidado en la parte superior del abdomen pues se pueden palpar los riñones y darnos falsos positivos (4).



Figura 7. Diagnóstico de gestación mediante palpación en cobayas.

Fuente: (Almeida, 2016).



2.2.9 Parto

Unos días antes del parto comienza a actuar una hormona relajante que permite la separación de la sínfisis púbica hasta unos 2 a 3 cm, lo cual es fácilmente palpable; luego del parto vuelve a unirse. El primer servicio no debe realizarse más allá de los 7 - 8 meses de vida de la cobaya, pues de lo contrario esta separación no se producirá en forma adecuada y se presentará una distocia. Luego de este primer parto a edad adecuada, la cobaya podrá seguir reproduciéndose sin inconvenientes hasta los 4 a 5 años de vida. El parto por lo general se da en la noche y demora entre 10 y 30 minutos con intervalos de 7 minutos entre las crías; la madre limpia y lame a sus crías favoreciendo la circulación y proporcionándoles su calor; mediante el parto se puede evaluar la prolificidad (26).

2.2.10 Tamaño de la camada y características de los recién nacidos

Usualmente el tamaño de camada es de 2 a 4 crías, pesan entre 60 y 100 g y son muy precoces poseyendo dientes, manto completo, ojos y oídos abiertos y rápidamente pueden pararse. Si bien el período de lactación puede extenderse hasta 3 a 4 semanas, 5 días son suficientes para garantizar la supervivencia y ya a ese tiempo se los observa tomar los alimentos de los adultos además de la leche materna. Es frecuente que a los 15 a 18 días de vida ya se separen de la madre, teniendo para entonces un peso promedio de 200 a 300 gr (28).

2.3 EXPERIMENTACIÓN EN ANIMALES DE LABORATORIO

La experimentación biomédica en animales ha permitido a lo largo de los años desarrollar de forma detallada el conocimiento de muchos sistemas fisiológicos, el funcionamiento de sistemas y aparatos, desarrollo de técnicas quirúrgicas y abordajes, así como la comprensión y estudio de patologías y sus posibles tratamientos. No obstante, es responsabilidad de quienes llevan a cabo este tipo de investigaciones en animales mantener un alto compromiso en garantizar su vida, estado físico y emocional.



El malestar y el dolor de los individuos experimentales deben reducirse al mínimo, Esto debe ser un objetivo fundamental de la experimentación. Existen códigos internacionales sobre la experimentación en animales los cuales nos sugieren las siguientes normas:

- El número de animales debe ser el mínimo para poder tener resultados viables y aplicables.
- Los animales deben ser adquiridos de forma legal o de bioterios acreditados.
- Deben ser alojados en instalaciones adecuadas y propias para el desarrollo normal de su especie.
- Brindar las condiciones óptimas de vida que garanticen su salud y bienestar.
- Los investigadores o personal que manipule los animales deben ser conscientes que son seres vivos que sienten y manifiestan dolor.
- Todo procedimiento que cause angustia o dolor a un animal deberá realizarse bajo anestesia y analgesia.
- Al finalizar los experimentos los animales deben recibir una muerte digna bajo la ausencia total de dolor (4).

2.4 RECOLECCIÓN DE SANGRE

Antes de que comience la recolección de sangre, los médicos deben determinar:

- **El volumen de sangre deseada:** El volumen de sangre circulante promedio de un conejillo de Indias es de 75 ml por kg de peso corporal. Como una regla general, es seguro eliminar hasta un 10% del volumen de sangre de forma normal y saludable, lo que significa que 6.5-7.5 ml de sangre por kg de peso corporal se puede recoger una vez en 3-4 semanas. Este período permite al animal recuperarse de posibles efectos adversos ocasionados.
- **El sitio apropiado de la colección:** pequeños volúmenes se pueden obtener de la vena safena medial (menos de 2,00 ml), de la vena yugular y cava craneal se pueden recolectar hasta 1-2 ml de sangre, y volúmenes mayores se los obtiene mediante punción cardiaca.



- **La anestesia:** La extracción de sangre se puede hacer bajo anestesia con isoflurano (máscara con un índice de flujo de oxígeno de 0,75-1,0 l/min y una concentración de isoflurano del 5%), zolazepam + tiletamina (50 mg/kg PV), ketamina (40 mg/kg PV) o xilacina (5 mg/kg PV); para reducir el estrés en el animal y para facilitar la recolección. El conejillo de Indias debe colocarse sobre una bolsa de agua caliente cubierta con una toalla doblada para reducir el riesgo de hipotermia bajo anestesia. Cuando el cobayo ya no se mueve y el cuerpo se vuelve flácido, la recolección de sangre puede comenzar (29).

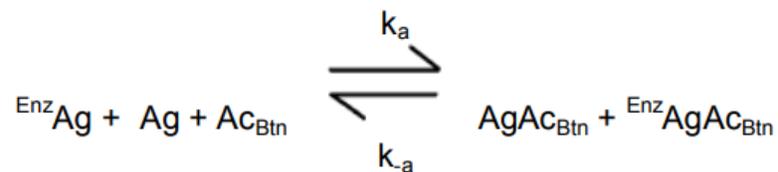
Una vez que se recolecta la sangre, al animal se le debe permitir recuperar con estimulación hasta que sea capaz de enderezarse. El animal debe ser devuelto a su casa jaula y monitoreado visualmente por 5-10 minutos hasta que se recupere completamente y reanude su comportamiento normal. Aunque los efectos secundarios de la extracción de sangre son raros, la hemorragia severa puede ocurrir (4).

El tubo de recogida de sangre debe ser apropiadamente etiquetado con un código único, deben usarse tubos para recoger sangre periférica para aislar suero son tubos “serum separator tube (SST) o tubo sin aditivos, se debe registrar el día y la hora de extracción de la sangre así como el día y la hora del inicio del procesado de la muestra para el aislamiento del suero, las muestras deben ser procesadas y almacenadas en las condiciones apropiadas tan pronto como sea posible siguiendo las siguientes recomendaciones: Después de la extracción, permitir que la sangre se coagule durante 15-30 minutos a temperatura ambiente (18-22°C), centrifugar los tubos de sangre dentro de las 2 horas siguientes a la extracción, para separar el suero centrifugar a 1.600 rpm durante 10 minutos a temperatura ambiente, tomar el suero que corresponde a la parte superior del tubo centrifugado evitando coger el coágulo o el gel, el suero obtenido debe almacenarse a -80°C en un congelador (largo tiempo) o a -20°C (24-48 horas) (30).



2.5 INMUNOANÁLISIS ENZIMÁTICO COMPETITIVO (ELISA)

Los reactivos esenciales necesarios para un inmunoensayo incluyen anticuerpos, conjugado enzima-antígeno y antígeno nativo. Al mezclar un anticuerpo marcado con biotina, conjugado antígeno-enzima y un suero con contenido de antígeno nativo, se produce una reacción competitiva entre los antígenos nativos y el conjugado enzima-antígeno por un número limitado de sitios de unión de anticuerpos. La interacción se presenta mediante la siguiente ecuación:



Ac Btn = Anticuerpo marcado con biotina (Cantidad Constante)

Ag = Antígeno Nativo (cantidad variable)

Enz Ag = conjugado Enzima- antígeno (cantidad constante)

AgAc Btn = complejo antígeno-anticuerpo

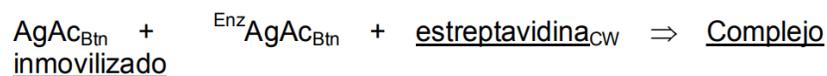
Enz AgAc Btn = Complejo de anticuerpo - Conjugado enzimaantígeno

ka = Rango constante de Asociación

k-a = Rango constante de disociación

K = ka / k-a = Constante de equilibrio

Se produce una reacción simultánea entre la 1biotina adherida al anticuerpo y la estreptavidina inmovilizada en el micro pozo. Esto crea un efecto en la separación de la fracción unida del anticuerpo después de la decantación o aspiración.



Estreptavidina CW = Estreptavidina inmovilizada en el pozo

Complejo Inmovilizado = Complejo sandwich adherido a la superficie sólida.



La actividad de la enzima en la fracción de anticuerpos adheridos es inversamente proporcional a la concentración del antígeno nativo. Mediante la utilización de diferentes referencias séricas con concentraciones conocidas de antígeno, se puede generar una curva de dosis respuesta a partir de la cual se puede determinar la concentración de antígeno de una muestra desconocida (31).

2.6 RECOLECCIÓN DE TEJIDOS

La recolección se realiza con asepsia y máximo una hora después de la muerte del animal. Se debe evitar tocar la parte que se quiere muestrear para evitar la contaminación, lesiones y el sangrado. Depositar la muestra en un frasco individual estéril de boca ancha. Para análisis de tejidos las muestras deben ser colocadas en una solución de formol al 10 % y enviarlas hasta máximo 24 horas después al laboratorio, debidamente selladas e identificadas. En caso de necesitar almacenar las muestras por periodos largos, se las debe colocar en una solución de formol al 2,5 % (32).

2.7 CÁMARA EXCELIS HD

Las nuevas cámaras de microscopía en color Excelis HD establecen un nuevo estándar para la excelencia en imágenes de alta definición para aplicaciones científicas e industriales. Las cámaras HD de Excelis son cámaras HD totalmente equipadas que ofrecen velocidades de cuadros súper rápidas en la vista previa de videos, con fidelidad de color sin igual y capacidad de captura de imágenes incorporadas. Los sistemas de cámaras y monitores HDS de Excelis permiten a los usuarios ver y capturar imágenes y videos directamente en la tarjeta SD suministrada sin la necesidad de una computadora o un monitor por separado. La pantalla HD de 11.6 ofrece una calidad de imagen nítida, y un color vibrante y real con una visión excepcional desde todos los ángulos. Se puede usar como un sistema independiente o conectado a una PC a través de un cable USB donde las imágenes se pueden visualizar simultáneamente en el monitor Excelis HDS y en la PC. Para una mayor flexibilidad e ideal para entornos de enseñanza, la arquitectura



HDMI permite que Excelis HDS se conecte también a un proyector habilitado para HDMI (33).

2.8 AmScope V.3.7

Es un software fácil de usar, compatible con Windows XP / Vista / 7/8/10, Mac OS X y Linux. El sofisticado software para Windows ofrece funciones de edición, procesamiento y avanzadas, incluidas las funciones de costura, EDF y medición. El software Linux y Mac graba video e imágenes fijas, con controles de exposición y color. Se adapta a cuatro tamaños de montaje: 23mm, 30mm, 30.5mm y montaje en C (dos adaptadores de montaje incluidos) (33).

2.9 EXTIRPACIÓN DE LAS ESPÍCULAS PENEANAS DE LOS COBAYOS

Para la extirpación de las espículas peneanas, se procede a exponer el pene en su totalidad, por presión digital se visualizan al interior del saco del glande las formaciones córneas llamadas espículas peneanas. Una vez identificadas las estructuras a extirpar, se procede a fijarlas con la ayuda de una pinza y a seccionarlas con una tijera de disección; al retirar las espículas, se debe observar que no exista hemorragia en el área y retornar el órgano genital a su posición anatómica. Finalmente, se aplica Ketoprofeno a razón de 1,0 mg/kg/SC. Para evitar la hipotermia se los protege del frío hasta su recuperación (4).

2.10 CASTRACIÓN

Técnica quirúrgica o método químico destinados a retirar o suprimir las funciones de los órganos sexuales, los testículos en los machos o los ovarios en las hembras. Esta acción causa la esterilización de manera que se impide la reproducción y se reduce la producción de hormonas, como son la testosterona y los estrógenos (34). La castración en los animales de granja es una práctica que se establece para facilitar el manejo de los animales. El efecto de la castración varía según la especie, el individuo, la edad y el estado fisiológico en el momento de efectuarla (35).



La castración en los cobayos tiene como objetivo reducir el comportamiento agresivo por enfrentamientos por jerarquía, estos altos niveles de agresividad que provocan las peleas con las consecuentes heridas que pueden constituirse en una vía de infecciones fúngicas y bacteriana (33). Durante la crianza de cuyes se pueden apreciar varios aspectos en su etapa de crecimiento y reproducción, por tal motivo se recomienda sexar a los gazapos al momento del destete y mantenerlos separados durante el engorde para evitar montas tempranas que afectan la producción (36). En los machos castrados se observa una severa infiltración de tejido adiposo y las glándulas adyacentes se atrofian (37).

Se recomienda realizar esta práctica entre los 28 y 35 días de edad, para reducir el estrés y lograr una inmediata recuperación (38). Los cuyes castrados ganan más peso y realizan una mejor conversión alimenticia que los animales enteros, además mejora los rendimientos y la presentación de la canal, entonces las pruebas de degustación, principalmente sabor y textura de la carne, confiere mayor calidad a las canales de los castrados (36).

La castración puede realizarse mediante tres métodos. El método quirúrgico que es el más invasivo, se realiza un corte en el escroto de cada testículo y posteriormente se hace una ligadura o hemostasia con pinza, luego se corta o extirpa cada testículo y finalmente se procede a suturar externamente la piel si la incisión ha sido grande para evitar la salida de los intestinos (39).

El método químico consiste en inyectar una sustancia química esclerosante directamente en los testículos de los animales para atrofiarlos con la finalidad de disminuir la agresividad y el crecimiento poblacional (40).

El método físico se lo realiza destruyendo cada testículo mediante aplastamiento por presión con los dedos pulgar e índice, este método es el más doloroso por lo que no es recomendable en la actualidad debido al gran stress que genera (39).



Y, la inmunocastración es un método nuevo en cuyes, con resultados no muy favorables debido a la quemadura en la piel que provoca la aplicación subcutánea de esta sustancia (Innosure); esta sustancia actúa sobre el factor liberador de gonadotropinas (GnRH) que a su vez se une a receptores específicos de la hipófisis y provoca la liberación de la hormona luteinizante (LH) y de la hormona folículo estimulante (FSH), estas hormonas actúan sobre los testículos para regular la secreción de esteroides testiculares como son la testosterona y androsterona disminuyendo el desarrollo y la función de los testículos (40).



3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 MATERIALES

Los materiales empleados para la presente investigación se clasificaron según su utilización en materiales físicos, químicos y biológicos.

3.1.1 Físicos

- Materiales de construcción, limpieza, desinfección y alimentación.
- Materiales de oficina y acondicionamiento como hojas de campo, letreros de identificación, calculadora, esferos, cámara, computadora, balanza y termómetro.
- Materiales de protección como guantes de látex, overoles, cubre bocas, botas y gorros.
- Materiales de campo y cirugía como mesa, jeringas hipodérmicas de 1 ml, mantas, agujas vacutainer, tubos vacutainer de suero, gradilla, geles refrigerantes, cooler, bisturí, envases estériles, pinzas quirúrgicas, gasas, suturas y campos.
- Materiales de laboratorio como mandil, centrífuga, pipetas de 500 μ m, tubos Eppendorf, cámara de alta definición (Excelis AU-600-HD) montada sobre un microscopio con 100x, software (AmScope V.3.7).

3.1.2 Químicos

- Materiales para la salud como vitaminas, antiparasitarios y antibiótico.
- Materiales de anestesia como Zoletil 50® (Zolazepam + Tiletamina).
- Materiales de conservación de tejidos como agua destilada y formol.
- Materiales de investigación como Primoteston Depot (Enantato de Testosterona).

3.1.3 Biológicos

- Cobayos.

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Ubicación geográfica del estudio

La investigación se desarrolló en la comunidad Nero perteneciente a la parroquia Baños del cantón Cuenca de la provincia del Azuay, coordenadas UTM 717.386 X 9675.751 Y, altitud 3.100msnm, temperatura de 12-18°C y humedad del 75%.

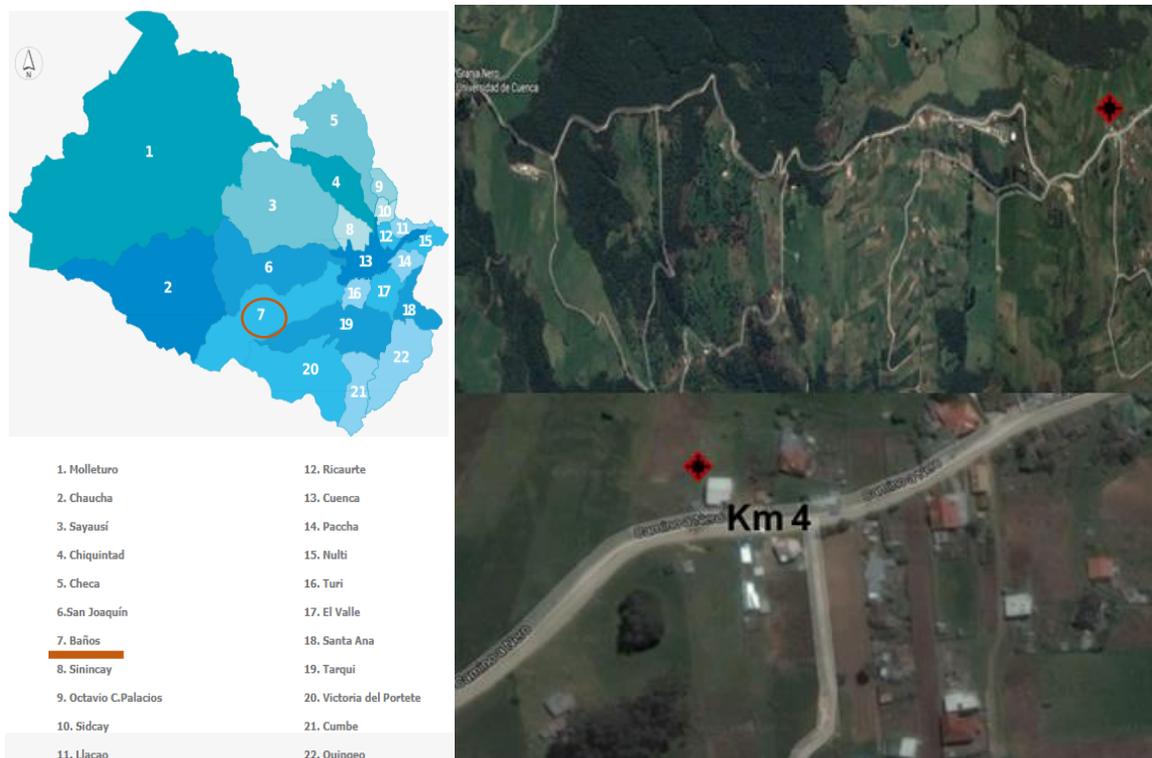


Figura 8. División Política Territorial del Cantón Cuenca.

Parroquia Baños – Comunidad Nero. **Fuente:** (Google Maps).

3.2.2 Unidades experimentales

En total se evaluaron 130 cobayos machos y 50 hembras. Estos fueron de conformación tipo A y pelaje tipo 1. Fueron llevados al galpón 5 días antes de iniciar la toma de muestras, es decir, a una edad de 15 días con el fin de cumplir con un periodo de adaptación a su nuevo hábitat e iniciar los experimentos a los 20 días de edad de los cobayos. Clínicamente estuvieron sanos y con un peso promedio de



204,4g. Los cobayos fueron mantenidos en un galpón dentro del cual se dispuso jaulas para cada experimento con sus respectivos tratamientos. La temperatura promedio fue de 16°C, se les brindó condiciones de 12 horas luz y 12 horas oscuridad. La alimentación fue a base de 60% de Ray grass, 20% de kikuyo y 20% de alimento balanceado. Se les proporcionó vitaminas en su alimentación y se les aplicó una sola dosis de antiparasitario externo al ingreso al galpón. Todos los animales fueron tratados siguiendo los principios éticos y la Normativa del Código Sanitario para Animales Terrestres, capítulo 7.8 “Utilización de animales en la investigación y educación”, de la Organización Mundial de Sanidad Animal.

3.2.3 Tratamientos realizados

En la presente investigación se realizaron tres experimentos. A continuación describiremos por separado cada uno de ellos.

3.2.3.1 Experimento 1: determinó la relación entre la testosterona total (TT) y el desarrollo de las espículas peneanas (EP). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres grupos experimentales. Se adquirieron 75 cobayos de 15 días de edad, estos fueron identificados y luego distribuidos al azar en tres grupos, 25/grupo. El estudio inició cuando los cobayos cumplieron los 20 días de edad.

- Grupo 1= cobayos enteros (testigo), n=25.
- Grupo 2= cobayos extirpados las espículas peneanas, n=25.
- Grupo 3= cobayos castrados, n=25.

Variables en estudio

- **Independientes:** Grupos de cobayos con condiciones fisiológicas diferentes; G1: enteros; G2: extirpados las espículas y G3: castrados.
- **Dependientes:** nivel de testosterona total y desarrollo espicular.



Metodología del experimento 1

La investigación fue diseñada con un testigo (G1) y dos grupos experimentales (G2 y G3). Se utilizaron 75 cobayos, 25 por cada grupo experimental. Las valoraciones de los niveles de testosterona total (TT) y del desarrollo de las espículas peneanas (DEP) fueron realizadas cuando los cobayos tenían 20, 35, 50, 65 y 80 días de edad; para lo cual tomamos 5 cobayos por grupo experimental, los mismos que fueron eutanasiados en cada muestreo (momento de valoración). En el primero y segundo momento de valoración (días 20 y 35) todos los cobayos valorados de G1, G2 y G3 poseían las mismas condiciones fisiológicas (enteros y con espículas peneanas). El día 35 luego de la valoración de TT y DEP, los 15 cobayos/tratamientos restantes fueron aplicados castración (G3: n=15), extirpados las espículas peneanas (G2: n=15) y un grupo testigo (G1: n=15). A partir de la tercera evaluación (día 50) se determinó el efecto de los tratamientos sobre los niveles de TT y el DEP (**Tabla 1**).

Tabla 1. Protocolo del experimento 1.

| EXPERIMENTO 1 | | | | | |
|---------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| GRUPOS/EDAD | 20 días | 35 días | 50 días | 65 días | 80 días |
| Grupo 1 (n=25) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) |
| Grupo 2 (n=25) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) EEP (15cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) |
| Grupo 3 (n=25) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) Castración (15cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) | DEP + TT (5cobayos) |
| | PRETRATAMIENTO | APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO | POSTRATAMIENTO | | |

G1=cobayos enteros, **G2**=cobayos extirpados las espículas peneanas, **G3**=cobayos castrados. **DEP**=desarrollo de espículas peneanas. **TT**=niveles de testosterona. **EEP**=extirpación de las espículas peneanas.



Valoración de la testosterona total (TT)

Para la valoración de los niveles de testosterona total (TT) sanguínea cada grupo experimental contó con 25 cobayos. La determinación fue realizada en cinco momentos diferentes a las 6h00. El primero cuando los cobayos tenían 20 días de edad y aun no se les realizaba ningún tratamiento. El segundo el día 35, previo a la aplicación de los tratamientos (castración, extirpación de las espículas peneanas y grupo testigo). La tercera, cuarta y quinta valoración post tratamiento (días 50, 65 y 80 respectivamente). En cada sesión a 5 cobayos de cada grupo experimental se realizó punción cardiaca con aguja vacutainer 21Gx25mm para obtener 1 ml de sangre. Se localizó la apófisis xifoides del esternón, luego se procedió a pinchar lateralmente (lado izquierdo) entre la tercera y cuarta costilla en dirección cráneo ventral con un ángulo de 30°. La muestra fue centrifugada a 2.500 rpm x 15 min. Luego se tomó el sobrenadante y se congeló a -20°C hasta su análisis en el Laboratorio Clínico CENBIOCLI, con la prueba ELISA (inmunoanálisis enzimático competitivo). La TT fue expresada en ng/ml.

Determinación del desarrollo de las espículas peneanas (DEP)

De igual forma fue realizada cuando los cobayos tenían 20, 35, 50, 65 y 80 días de edad. Luego de la recolección de sangre se procedió a eutanasiar a estos cobayos para extraer parte del aparato reproductor (pene) que está conteniendo a las espículas peneanas, de inmediato estas muestras fueron colocadas en formol al 2,5%. Una vez terminado el trabajo de campo, las muestras fueron transportadas al Laboratorio de Biotecnología de la Universidad de Cuenca. Allí se colocaron en placas Petri de 35x15mm debidamente identificadas, luego se valoraron en un microscopio invertido con lente 10X, el cual tenía acoplado una cámara de alta definición (Excelis AU-600-HD). Las fotos obtenidas se cargaron en computadora con un software (AmScope V.3.7) diseñado para realizar mediciones en micras.



Protocolo de extirpación de las espículas peneanas

A los 35 días de edad, luego de la segunda valoración se tomaron los 15 cobayos restantes del grupo 2 para extirpar sus espículas peneanas. Los cobayos fueron anestesiados con una mezcla de zolazepam y tiletamina (Zoletil 50®), dosis de 50mg/kg vía subcutánea, de acuerdo al protocolo descrito por *Ayala et al* (24). Una vez anestesiado se realizó el depilado y embrocado de la zona genital del cobayo, luego se expusieron las espículas peneanas por presión digital en el glande. Visualizadas las formaciones córneas (espículas), se procedió a fijarlas con una pinza para luego arrancarlas en su totalidad. Finalmente, se retornó el órgano a su posición normal y se evitó la hipotermia.

Protocolo de castración

15 cobayos de 35 días de edad del grupo 3 fueron castrados quirúrgicamente. Se realizó el anestesiado con una mezcla de zolazepam y tiletamina (Zoletil 50®), dosis de 50mg/kg vía subcutánea, de acuerdo al protocolo descrito por *Ayala et al.* (24). El cobayo fue colocado en posición decúbito dorsal para proceder con el depilado y embrocado de la zona genital. Luego con los dedos pulgar e índice de la mano izquierda se sujetó el testículo derecho y con la mano derecha se realizó una incisión de 0,5 cm en el escroto, luego se expuso el testículo y a continuación se procedió a desbridar los tejidos que cubren el mismo. Con hilo catgut N°0 se ligó el paquete espermático y finalmente se cortó el testículo. El mismo procedimiento fue ejecutado con el testículo izquierdo. Finalmente, se realizó una sutura continua para cerrar la herida de la piel. Se evitó la hipotermia de los cobayos.



3.2.3.2 Experimento 2: valoró el efecto de la aplicación de la testosterona exógena sobre la regeneración de las espículas peneanas en cobayos castrados. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres grupos experimentales. 45 cobayos de 35 días de edad fueron identificados y luego distribuidos al azar en tres grupos, 15/grupo. El experimento inició a los 35 días de edad.

- Grupo 1= cobayos castrados + aplicación de 250 ug de Enantato de testosterona (Primoteston Depot®), n=15.
- Grupo 2= cobayos castrados + aplicación de 125 ug de Enantato de testosterona (Primoteston Depot®), n=15.
- Grupo 3= cobayos enteros testigo, n=15

Variables en estudio

- **Independientes:** Grupos de cobayos con aplicación de dos dosis de Enantato de testosterona (250 ug y 125 ug).
- **Dependientes:** Desarrollo espicular.

Metodología del experimento 2

La valoración del desarrollo de las espículas peneanas se realizó en tres momentos diferentes: los días 35, 65 y 95 de edad de los cobayos de los tres tratamientos. A los 35 días de edad de los cobayos se tomaron 5 machos por grupo experimental (G1, G2 y G3) y se procedió a tomar las primeras muestras de tejido espicular para la valoración del desarrollo de las EP, de acuerdo a los protocolos descritos en el experimento 1. Este mismo día, a los 10 cobayos restantes por grupo (G1 y G2) se castraron (de acuerdo al protocolo descrito en experimento 1) y a los de G3 se les mantuvo intactos sus testículos. La siguiente toma de muestras se la realizó a la edad 65 días, ya cuando el grupo 1 y 2 habían sido castrados anteriormente. Adicionalmente, en este día se realizó la primera aplicación intramuscular (muslo) de 250 ug de Enantato de Testosterona (Primoteston Depot®) al restante de los



cobayos del G1 y 125 ug de Enantato de Testosterona (Primoteston Depot®) a los cobayos restantes del G2. A los 80 días se realizó la segunda aplicación de testosterona en dosis iguales a la primera aplicación en cada grupo. Los del grupo tres no recibieron testosterona y se utilizó como grupo testigo de este experimento. La última toma de muestras de tejido se ejecutó a los 95 días (**tabla 2**).

Tabla 2. Protocolo del experimento 2.

| EXPERIMENTO 2 | | | | |
|--------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------------|-----------------------|
| GRUPOS/EDAD | 35 días | 65 días | 80 días | 95 días |
| Grupo 1 (n=15) | DEP (5cobayos) Castración (10cobayos) | DEP (5cobayos) 250ug de ET (5cobayos) | 250ug de ET (5cobayos) | DEP (5cobayos) |
| Grupo 2 (n=15) | DEP (5cobayos) Castración (10cobayos) | DEP (5cobayos) 125ug de ET (5cobayos) | 125ug de ET (5cobayos) | DEP (5cobayos) |
| Grupo 3 (n=15) | DEP (5cobayos) | DEP (5cobayos) | | DEP (5cobayos) |
| | PRETRATAMIENTO | APLICACIÓN DEL TRATAMIENTO | | POSTRATAMIENTO |

Grupo 1=cobayos castrados+250 ug de testosterona; **Grupo 2**=cobayos castrados+125 ug de testosterona; **Grupo3**=cobayos enteros. **DEP**=desarrollo de espículas peneanas. **ET**= Enantato de testosterona.



3.2.3.3 Experimento 3: Determinó influencia de las espículas peneanas sobre la fertilidad y prolificidad de los cobayos. Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con dos grupos experimentales y 5 repeticiones

- Grupo 1: cobayos enteros testigo + hembras: 5 machos +25 hembras.
- Grupo 2: cobayos extirpados las espículas + hembras: 5 machos +25 hembras.

Variables en estudios

- **Independientes:** Grupos de cobayos: enteros y extirpados las espículas peneanas
- **Dependientes:** Fertilidad y prolificidad de las hembras cruzada con cada grupo experimental

Metodología del experimento 3

A la edad de 35 días se procedió a tomar al azar 5 cobayos, se les extirpó las espículas peneanas y se los colocó en una poza, denominándose grupo 2. En otra poza fueron colocados 5 cobayos enteros, identificándolos como grupo 1. A los 80 días de edad se preparó 5 pozas, colocando 5 hembras de primera monta con un macho entero (G1: testigo) en cada poza. Así mismo, en 5 pozas se colocó un macho extirpado las espículas con 5 hembras por poza. Estos se mantuvieron juntos por un lapso de 30 días; posteriormente se retiró al macho y luego de 60 días se contabilizó el número de crías nacidas en cada grupo, mientras que durante estos dos meses se observó y contabilizó la gestación de cada grupo.

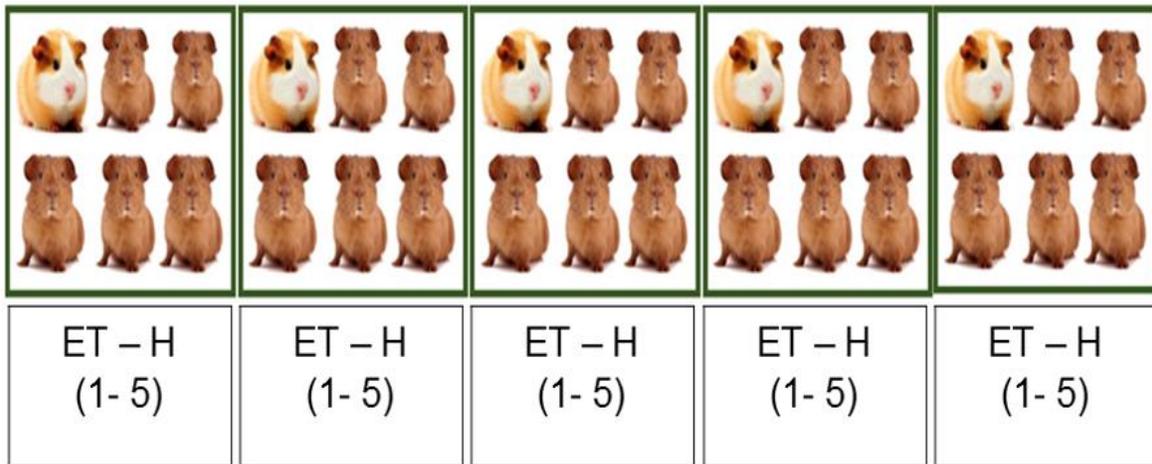


Figura 9. Grupo 1: Cobayos enteros testigos (ET) + hembras (H).

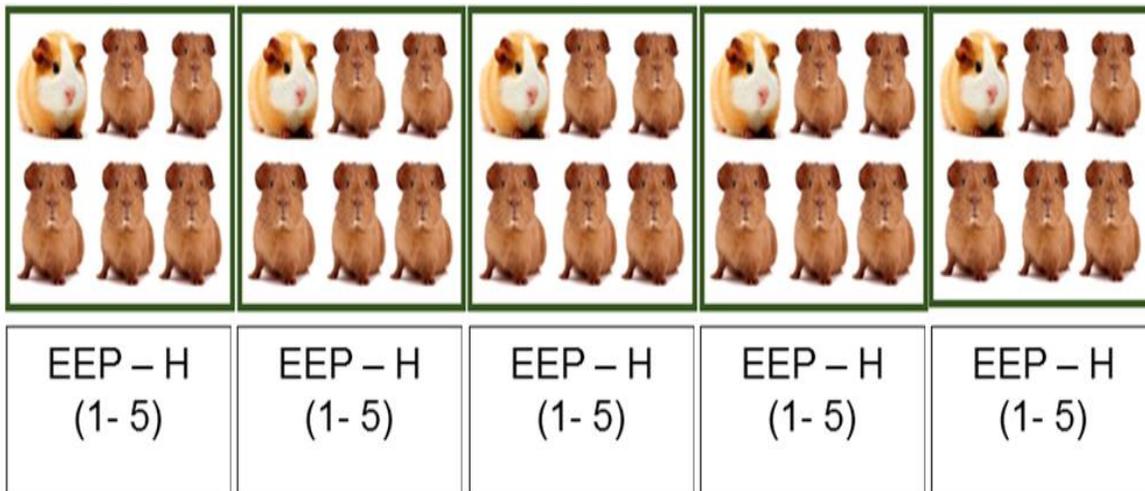


Figura 10. Grupo 2: Cobayos extirpados las espícula (EEP) + hembras (H).



3.2.4 Análisis estadístico

La investigación fue experimental, con un diseño completamente al azar (DCA). Para el análisis de las variables en estudio, los datos registrados fueron introducidos en el programa informático de Microsoft Excel y posteriormente sistematizados y tabulados en el programa estadístico SPSS® (Sistema global para el análisis de datos) para Windows versión 24.

En el experimento I los datos de las variables en estudios TT y desarrollo de las EP fueron sometidos a la prueba de Shapiro–Wilk ($P < 0,05$) para analizar la normalidad de los mismos, en base a estos resultados se realizó la prueba de ANOVA, para comparación de medias en los diferentes momentos de valoración (días 20, 35, 50, 65 y 80) se utilizó la prueba de Tukey al 5% y los resultados fueron expresados en figuras.

En el experimento II la valoración del desarrollo de las EP se evaluó en tres momentos diferentes. En los resultados obtenidos se aplicó la prueba de Shapiro–Wilk ($P < 0,05$) para analizar la normalidad de los mismos, en base a estos resultados se realizó la prueba de ANOVA, para comparación de medias en los diferentes momentos de valoración (días 35, 65 y 95) se utilizó la prueba de Tukey al 5% y los resultados fueron expresados en figuras.

Finalmente, en el experimento III se determinó el promedio de cobayas gestantes (fertilidad) y el promedio de cobayos nacidos (prolificidad). Sobre los resultados obtenidos fue aplicada la prueba de Shapiro–Wilk ($P < 0,05$) para analizar la normalidad de los mismos, en base a estos resultados se realizó la prueba de T de student, para comparación de medias se utilizó la prueba de Tukey al 5% y los resultados fueron expresados en tablas.



4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

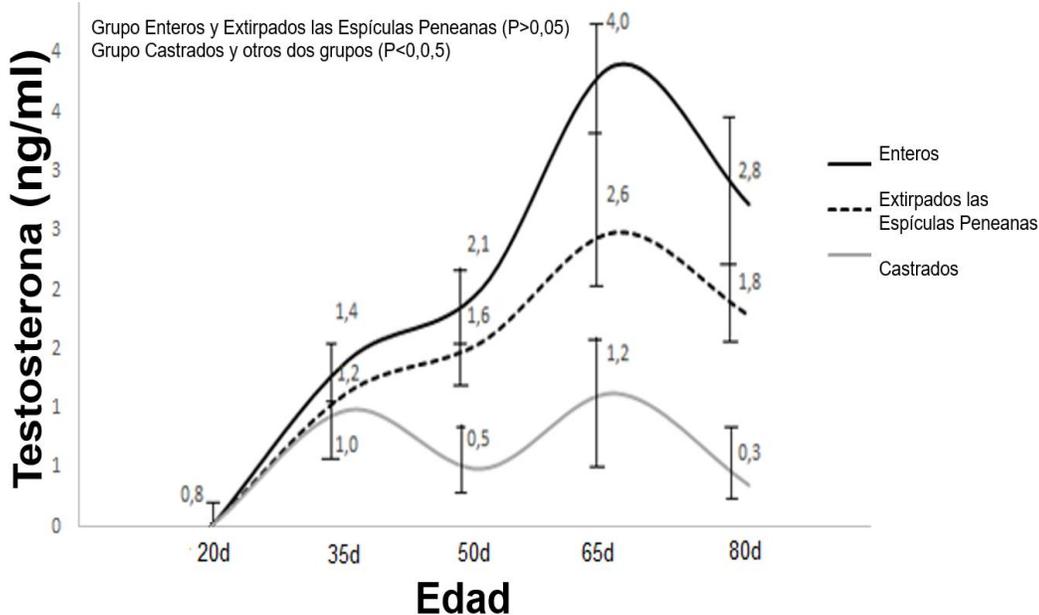
4.1 EXPERIMENTO 1

4.1.1 Patrón de comportamiento de la testosterona total

El patrón de comportamiento de la testosterona en los tres grupos experimentales antes del proceso de extirpación de las espículas peneanas y la castración quirúrgica, realizados a los 35 días de edad, incrementó sostenida y aceleradamente los niveles basales de testosterona total (TT) de 0,77 - 0,89 ng/ml a la edad de 20 días hasta niveles de entre 1-1,4 ng/ml a la edad de 35 días, sin registrar diferencia estadística entre grupos ($P>0,05$). A partir de la tercera valoración, realizada a los 50 días de edad, el patrón de comportamiento de los niveles de TT en los G1 (2,1 ng/ml) y G2 (1,6 ng/ml) fueron similares ($P>0,05$), sin embargo estos expresaron valores superiores en comparación con los valores obtenidos en los animales del G3 (0,5 ng/ml). Estos niveles llegaron a su pico el día 65 de edad en los tres grupos (G1: 4,0 ng/ml, G2: 2,6 ng/ml, G3: 1,2 ng/ml), manteniendo el patrón de comportamiento y la diferencia estadística entre el grupo 3 y los otros dos grupos ($P<0,05$). En el último análisis realizado a los 80 días de edad se produjo un descenso en los niveles de TT en los tres tratamientos (G1: 2,8 ng/ml; G2: 1,8 ng/ml; G3: 0,3 ng/ml), manteniendo siempre la diferencia estadística entre los grupos 1 y 2 en comparación con el grupo 3. Estadísticamente antes de la extirpación de las espículas peneanas y la castración quirúrgica (20-35 días de edad) los niveles de TT de los tres grupos son similares ($P>0,05$); mientras que, después de estos procesos los niveles de TT de los cobayos enteros y extirpados las espículas peneanas no difieren estadísticamente ($P>0,05$) entre sí, pero si difieren significativamente ($P<0,05$) con los niveles de TT de los cobayos castrados. Por lo tanto, podemos decir que la producción de testosterona total no se ve afectada por la extirpación de las espículas peneanas; pero si por la castración, esto seguramente debido a que los testículos son la principal fuente de producción de



testosterona. Lo que concuerda en una parte con Rosales et al. (2); al obtener que estadísticamente la testosterona total en los cobayos enteros, extirpados las espículas y castrados no muestran diferencias significativas ($P < 0,05$) a edades tempranas (30 a 37 días); comenzando a variar a los 51 días de edad en donde la diferencia es significativa ($P < 0,05$) entre castrados y enteros, pero no así estos dos grupos y los extirpados. Sin embargo; discrepa con nuestros resultados, al encontrar que a los 65 días los tres grupos tienen comportamientos distintos y presentan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre ellos; a los 79 y 93 no se observan diferencias significativas ($P < 0,05$) entre animales castrados y extirpados pero estos dos grupos si difieren significativamente ($P < 0,05$) de los animales enteros. Rigaudiere et al. (15); concuerda que a edades tempranas hay un aumento significativo ($P < 0,01$) de testosterona total, de aquí hasta la madurez sexual hay un muy rápido aumento del 91,8% ($P < 0,01$) de testosterona, para luego darse una disminución significativa ($P < 0,01$) de testosterona del 43%.



Según la prueba de Tukey con $P < 0,05$ se muestra diferencia estadística a los 50, 65 y 80 días de edad entre grupo de cobayos castrados con grupo de cobayos enteros y extirpados las espículas.

Figura 11. Patrón de comportamiento de la testosterona total en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3).



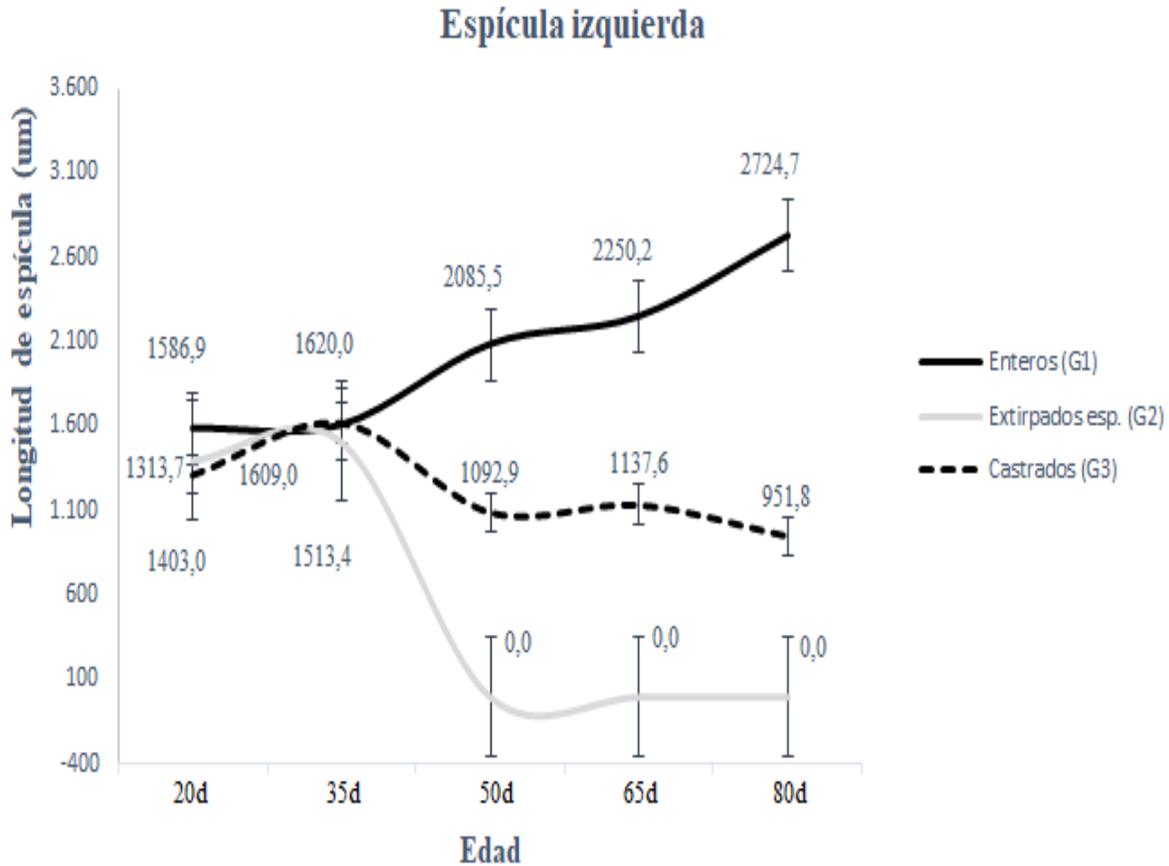
4.1.2 Desarrollo de las espículas peneanas

El desarrollo de las espículas peneanas (EP) de los cobayos en los tres grupos experimentales fue similar ($P>0,05$) durante el día 20 de edad (EPI: G1= 1586,9um; G2= 1403,0um; G3= 1313,7um. EPD: G1= 1716,1um; G2= 1615,1um; G3= 1687,4um) y 35 de edad (EPI: G1= 1609,0um; G2= 1513,4um; G3= 1620,0um. EPD: G1= 1810,0um; G2= 1545,1um; G3= 1693,5um). A partir de la tercera (2085,5um EPI; 2394,4um EPD), cuarta (2250,2um EPI; 2817,9um EPD) y quinta (2724,7um EPI; 3079,1um EPD) valoración (días de edad: 50, 65, y 80 respectivamente) el desarrollo de las EP izquierdas y derechas en el G1 fue progresivo y no fue similar ($P<0,05$) al grupo 3, en donde se observó una reducción de la longitud de las espículas peneanas luego de la castración realizada el día 35 de edad; lo que demuestra la dependencia hormonal de dichas estructuras. Por otra parte, las EP del grupo 2 claramente no se regeneraron después de la extirpación, lo que nos indica que aunque la testosterona total se encuentra entre rangos normales necesarios para el desarrollo de los órganos sexuales, el hecho de arrancar de raíz las espículas peneanas y no solamente cortarlas, no permite que estas estructuras vuelvan a crecer. Además, las EP del cobayo son asimétricas y la derecha presenta mayor desarrollo que la izquierda, pero sin llegar a presentar diferencia estadística ($P>0,05$) entre sí. Lo que concuerda con Alba et al. (11); quien hace referencia de las espículas del pene, mencionando que miden entre 3000 a 5000 um de longitud. De igual manera Márquez et al. (21); al describir la anatomía del glande del cuy encontró que las espículas peneanas son asimétricas y que su longitud es $1,100\pm 600$ um al mes de vida del cobayo, $3,400\pm 600$ um a los dos meses, $3,200\pm 500$ um a los tres meses y $3,600\pm 900$ um a los cinco meses.

Relacionando los niveles de testosterona total y el desarrollo de las espículas peneanas, nos podemos dar cuenta que la longitud de estas espículas aumenta a medida que los niveles de testosterona también aumentan. Lo que concuerda con Arteaga et al. (22); quien demostró que las espinas del pene de las ratas Wistar, siguen un patrón de desarrollo posnatal caracterizado por cambios morfológicos

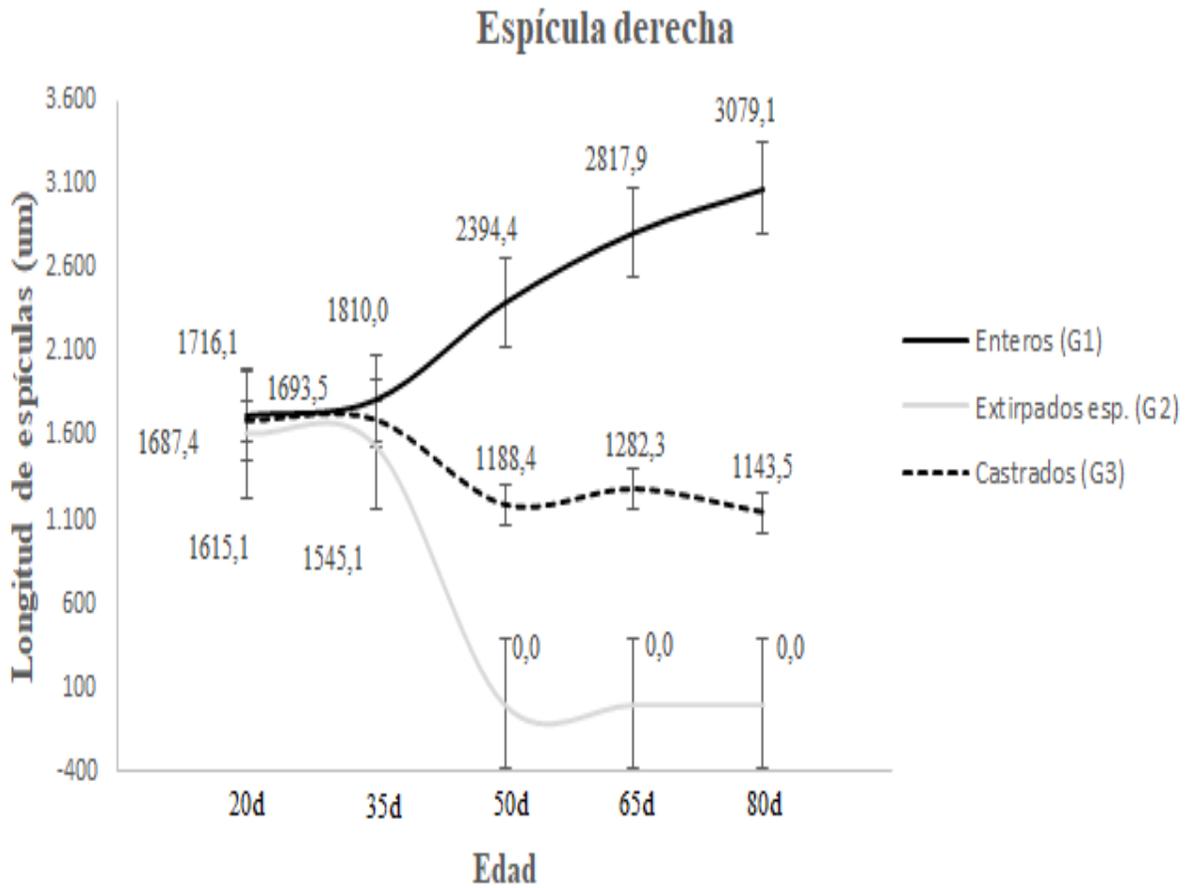


específicos asociados con aumentos graduales en los niveles plasmáticos de testosterona.



Según la prueba de Tukey con $P < 0,05$ se muestra diferencia estadística a los 50, 65 y 80 días de edad entre los cobayos enteros, extirpados las espículas y castrados.

Figura 12. Desarrollo de las espículas peneanas izquierdas en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3).



Según la prueba de Tukey con $P < 0,05$ se muestra diferencia estadística a los 50, 65 y 80 días de edad entre los cobayos enteros, extirpados las espículas y castrados.

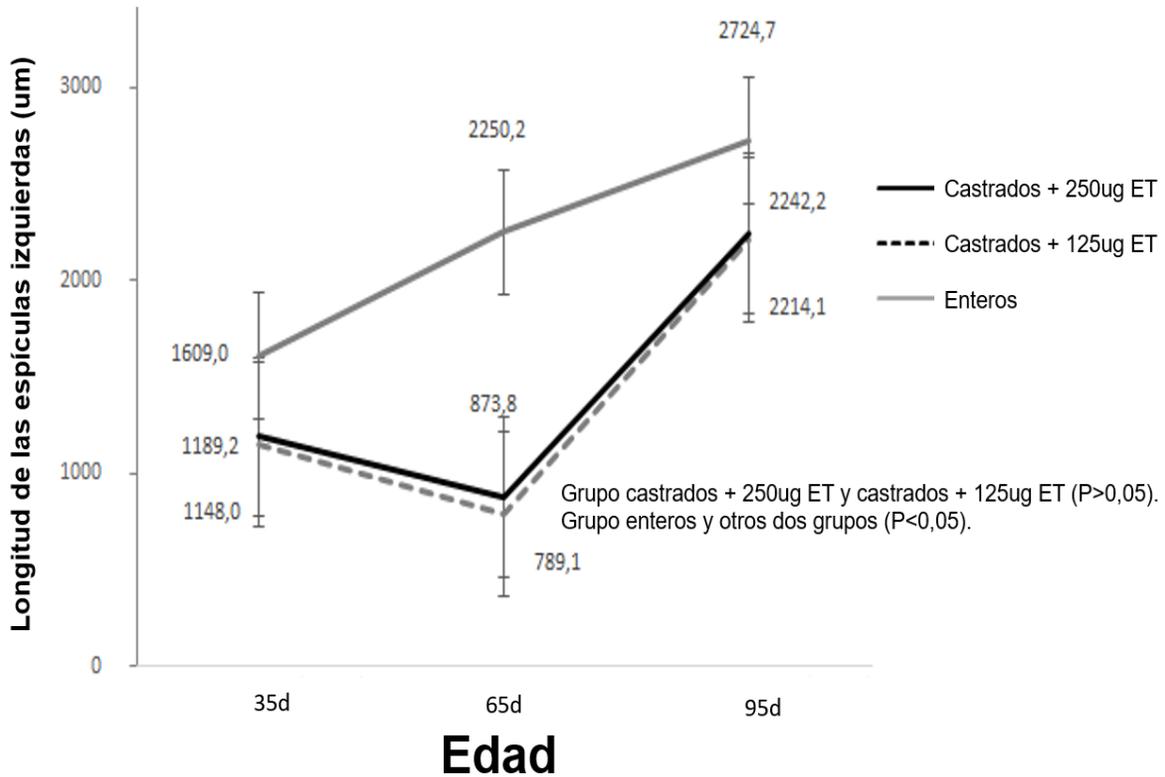
Figura 13. Desarrollo de las espículas peneanas derechas en los primeros 80 días de vida de los cobayos enteros (G1), extirpados las espículas (G2) y castrados (G3).



4.2 EXPERIMENTO 2

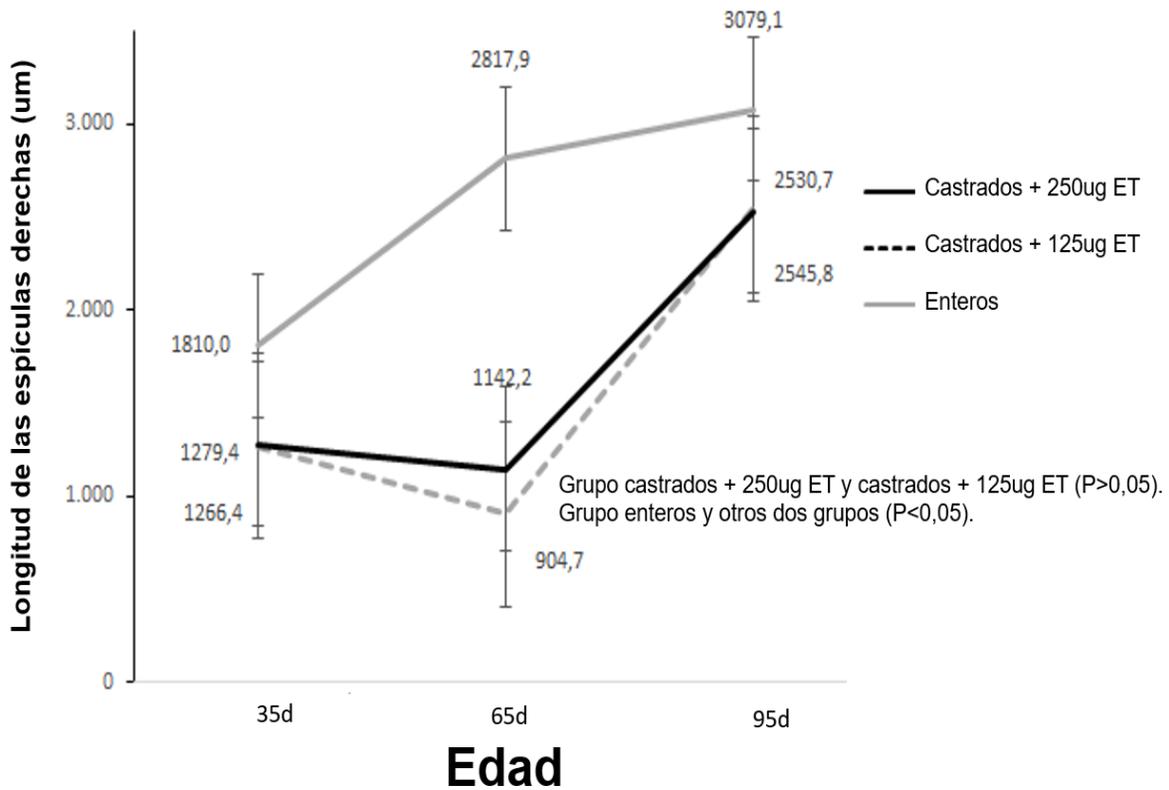
4.2.1 Desarrollo de las espículas peneanas

El desarrollo de las espículas peneanas (EP) de los cobayos en los tres grupos experimentales fue similar ($P>0,05$) hasta el día 35 de edad (EPI: G1= 1189,2um; G2= 1148,0um; G1 del E1= 1609,0um. EPD: G1= 1279,4um; G2= 1266,4um; G1 del E1= 1810,0um), antes de la castración. En la segunda toma realizada a los 65 días de edad, antes de la aplicación de Enantato de testosterona, el desarrollo de las EP izquierda (2250,2um) y derecha (2817,9um) en el G3 fue progresivo y presentó diferencia estadística ($P>0,05$) en relación al G1 (873,8um EPI; 1142,2um EPD) y G2 (789,1um EPI; 904.7um EPD), en donde se observó una reducción de la longitud de las EP luego de la castración. Por otra parte, en el día 95 de edad las EP del G1 (2242,2um EPI; 2530,0um EPD) y G2 (2214,1um EPI; 2545,8um EPD) mostraron un proceso de regeneración después de la aplicación del Enantato de testosterona aplicado en el día 65 y 80 de edad, llegando a ser similares ($P>0,05$) a la longitud del grupo control (G3: cobayos enteros), (2724,7um EPI; 3079,1um EPD). Lo que nos indica que la restitución hormonal permite nuevamente el desarrollo de las espículas peneanas que se vio afectado por el proceso de castración. Al no encontrarse estudios iguales o similares a este en cobayos, hemos creído conveniente comparar los resultados obtenidos con la investigación realizada por Phoenix et al. (3); en ratas Wistar, quien en semejanza con este estudio obtuvo que 21 días después de la castración las espículas peneanas no son visibles; sin embargo, luego de 9 días de aplicación de 250 ug de propionato de testosterona las papilas de las cuales emergen las espículas se pueden ver profundamente en los pliegues; después de 25 días de tratamiento las papilas son romas y más cortas que las del control, pero por lo demás tienen una apariencia y orientación normales; entre 4 y 6 semanas de tratamiento, las papilas se restauran por completo y no se pueden distinguir de las del macho intacto.



Según la prueba de Tukey con $P < 0,05$ se muestra diferencia estadística a los 65 días de edad entre los cobayos enteros con los castrados + 250 ug de ET y los castrados + 125 ug de ET.

Figura 14. Desarrollo de las espículas peneanas izquierdas en los primeros 95 días de vida de los cobayos castrados + aplicación de 250 ug de Enantato de testosterona (Grupo 1), castrados + aplicación de 125 ug de Enantato de testosterona (Grupo 2) y enteros (Grupo 3).



Según la prueba de Tukey con $P < 0,05$ se muestra diferencia estadística a los 65 días de edad entre los cobayos enteros con los castrados + 250 ug de ET y los castrados + 125 ug de ET.

Figura 15. Desarrollo de las espículas peneanas derechas en los primeros 95 días de vida de los cobayos castrados + aplicación de 250 ug de Enantato de testosterona (Grupo 1), castrados + aplicación de 125 ug de Enantato de testosterona (Grupo 2) y enteros (Grupo 3).



4.3 EXPERIMENTO 3

4.3.1 Fertilidad y prolificidad de los cobayos

El 100% de las hembras de los dos grupos quedaron preñadas en el lapso de tiempo determinado para el ensayo; por lo tanto, la fertilidad en los dos grupos no presentó diferencia estadística ($P>0,05$); sin embargo, el número de crías nacidas (prolificidad) en el grupo 1 de cobayos enteros ($3,4\pm 0,13$) es significativamente mayor ($P<0,05$) al número de crías nacidas en el grupo 2 de cobayos extirpados las espículas ($2,9\pm 0,17$). Lo que discrepa con Almeida (4); quien obtuvo una diferencia estadística altamente significativa ($P<0,01$), encontrando un porcentaje de preñez del 95% en machos enteros frente a un 30% con machos extirpados; sin embargo; concuerda con los resultados de prolificidad, encontrando una media de $6,00\pm 1,225$ crías por jaula con machos enteros frente a una media de $1,75\pm 0,629$ crías en las jaulas con machos extirpados las espículas, es decir, una diferencia estadísticamente significativa ($P<0,05$). Así mismo; los resultados de fertilidad y prolificidad obtenidos en esta investigación discrepan con lo encontrado por Aucapiña y Marín (5), quienes encontraron que la extirpación de las espículas del pene sobre la fertilidad obtuvo significativamente ($p<0,05$) un mayor porcentaje de preñez en comparación a los cobayos enteros (86,7% vs. 66,7%) y que la media del número de crías de los cobayos extirpados las espículas ($3,43\pm 0,32$) es significativamente mayor a la media de los cobayos enteros ($2,47\pm 0,34$).

Tabla 3. Media y error estándar del número de crías, animales vivos y muertos que se obtuvieron a partir de hembras cruzadas con machos enteros (G1) y extirpados las espículas penianas (G2).

| | N° de crías | Vivos | Muertos |
|----------------------------------|-----------------|---------------|---------------|
| Enteros (G1) | $3,4\pm 0,13^a$ | $3,1\pm 0,21$ | $0,2\pm 0,16$ |
| Extirpados espículas (G2) | $2,9\pm 0,17^b$ | $2,7\pm 0,20$ | $0,2\pm 0,10$ |

ab= letras diferentes indican diferencia estadística entre tratamientos (filas), prueba de U de Mann-Whitney



5 CONCLUSIONES

- Los cobayos en sus condiciones fisiológicas siguen un patrón de comportamiento, incrementando sus niveles de testosterona total hasta alcanzar sus picos máximos en la madurez sexual. Este patrón no se ve afectado por la extirpación de las espículas peneanas; sin embargo, la castración ocasiona la reducción de dichos niveles.
- Las espículas peneanas de cobayos en sus condiciones fisiológicas incrementan su longitud a medida que la edad avanza. Mientras que; una vez extirpadas las espículas peneanas, estas no se regeneran aun manteniendo valores normales de testosterona total endógena. Por otro lado; estas estructuras espiculares se atrofian en cobayos castrados, pudiendo estas regenerarse luego de la aplicación parenteral de testosterona exógena.
- La fertilidad de los cobayos no se ve afectada por la extirpación de las espículas peneanas. Sin embargo, la prolificidad de las hembras cruzadas con cobayos a los cuales se les extirpa las espículas peneanas es menor en comparación a las que fueron cruzadas con cobayos enteros.



6 BIBLIOGRAFÍA

1. Dorostghoal M, Dezfoolian A, Sorooshnia F. Effects of maternal lead acetate exposure during lactation on postnatal development of testis in offspring wistar rats. *Iran J Basic Med Sci.* 2011;14(2):122–31.
2. Rosales C, Ayala L, Aguilar Y, Dután J, Taboada J. Niveles de testosterona total en cuyes (*Cavia porcellus*) extirpados las espículas peneanas, castrados químicamente y enteros y relación con tamaño testicular y vesícula seminal. *REDVET.* 2017;18(12):1–8.
3. Phoenix CH, Copenhaver KH, Brenner RM. Scanning electron microscopy of penile papillae in intact and castrated rats. *Horm Behav.* 1976;7(2):217–27.
4. Almeida A. “Influencia de las espículas peneanas del cobayo sobre el comportamiento sexual, valoración espermática y fertilidad del macho.” Universidad de Cuenca; 2016.
5. Aucapiña C, Marín Á. 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%). Universidad de Cuenca; 2015.
6. Vázquez B, Del Sol M. Morphologic study of the prostate and vesicular glands of the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Int J Morphol.* 2010;28(4):1301–7.
7. Paredes D, Villacorta W, Valencia T. Patología e identificación bacteriológica preliminar en la mortalidad asociada con un síndrome de pérdida de peso progresivo en cuyes. *Investig y Amaz.* 2015;4:1–9.



8. López HH, Olster DH, Ettenberg A. Sexual motivation in the male rat: The role of primary incentives and copulatory experience. *Horm Behav.* 1999;36(2):176–85.
9. Stan F. Anatomical particularities of male reproductive system of guinea pigs (*Cavia Porcellus*). 2015.
10. Arrondo L. Fisiología hormonal masculina. 2004;1–12.
11. Alba R. Maduración sexual del cuy doméstico macho. Primera. UCSS, editor. Lima - Perú; 2009. 808 p.
12. Ladera A. Control hormonal de la reproducción. UCSS, editor. Lima - Perú; 2009. 808 p.
13. Justel N, Bentosela M, Ruetti E. Testosterona, emoción y cognición: Estudios en animales castrados. *Interdisciplinaria.* 2010;257(2):191–208.
14. Hoschoian J, Cardoso E, Comroglon M, Andrada J. *Medicina.* 1989.
15. Rigaudiere N, Pelardy G, Robert A, Delost P. Changes plasma guinea-pig. *JReprod Fert.* 1976;48:291–300.
16. He D-L, Gong Y-G, Guo P, Ma Y-M, Shi Q, Wang X-Y, et al. Testosterone regulates keratin 33B expression in rat penis growth through androgen receptor signaling. *Asian J Androl.* 2014;16(6):817.
17. Calvo DM. Testosterona depósito. Infomed, 2018.
18. Spotorno AE. Contrastación de la macrosistemática de roedores caviomorfos por análisis comparativo de la morfología reproductiva masculina. TT - Contrasting the rodent macrosistemática caviomorfos by comparative



- analysis of the male reproductive morphology. Arch Biol y Med Exp. 1979;12:97–105.
19. Hull EM, Dominguez JM. Sexual behavior in male rodents. Horm Behav. 2007;52(1):45–55.
20. Adebayo AO, Akinloye AK, Olurode SA, Anise EO, Oke BO. The structure of the penis with the associated baculum in the male greater cane rat (*Thryonomys swinderianus*). Folia Morphol (Warsz). 2011;70(3):197–203.
21. Marquez N, Valencia, Chauca L, Torres. Cuyes. 2008.
22. Arteaga M, Vigueras R, Márquez S, Hernández M, Bonilla H, Guzmán X, et al. Testosterone levels and development of the penile spines and testicular tissue during the postnatal growth in wistar rats. Adv Sex Med. 2013;3(3):1–9.
23. Ayala L, Rodas Carpio R, Almeida A, Torres C, Nieto P. Espículas peneanas del cobayo (*Cavia porcellus*), influencia sobre el comportamiento sexual, fertilidad y calidad espermática. Prod Anim. 2017;29(3):36–42.
24. Obregón D. Utilización de dos métodos de sincronización de celos en cuyas multíparas. 2009.
25. Arcos D. Ciclo estral del cuy. 2013.
26. Jiménez A. Determinación de parámetros productivos y reproductivos de cuyes mejorados con sistemas de crianza en jaula y en poza. 2005.
27. Velásquez S. Efecto del tipo de empadre y tipo de alimentación sobre parámetros productivos en cuyes. 2014.



28. Gonzalo A. Fisiología reproductiva de los cobayos. 2012;1.
29. Williams WR, Kendall L V. Blood collection in the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Lab Anim (NY)*. 2015;44(6):207–8.
30. Guerin J, Murray D, McGrath M, Yuille M, McPartlin J, Doran P. Recomendaciones de buenas prácticas para obtener suero a partir de sangre periférica. *Biopreservation & Biobanking*. 2010;8(1):1.
31. López J. Testosterona. *Monobind Inc*. 2006;2–3.
32. De la Sota MD. Manual de procedimientos: Recolección y envío de muestras. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria. 2005.
33. Scope. Excelis HD Camera Series.
34. Sandoval R. Anatomía quirúrgica y cirugía. 2013.
35. Vega J, Pujada P, Astocuri K. Efecto de la castración química en el comportamiento productivo y conductual del cuy. *Rev Investig Vet del Peru*. 2012;23(1):52–7.
36. Hernández A, Fernández L. Castración: una alternativa que facilita el manejo de los cuyes en ceba. *Asoc Cuba Prod Anim*. 2002;19–20.
37. Iburg TM, Arnbjerg J, Ruelokke ML. Gender Differences in the Anatomy of the Perineal Glands in Guinea Pigs and the Effect of Castration. *J Vet Med Ser C Anat Histol Embryol*. 2013;42(1):65–71.
38. Agurto J. Efecto de la castración química con alcohol yodado y con ácido láctico sobre la disminución de la agresividad sexual, ganancia de peso y rendimiento de carcasa en *cavia porcellus*. 2014;55.



39. Cruz H. No Titl. 2008;

40. Meza Bone GA, Cabrera Verdezoto RP, Morán Morán JJ, Meza Bone FF, Cabrera Verdesoto CA, Meza Bone CJ, et al. Mejora de engorde de cuyes (*Cavia porcellus* L.) a base de gramíneas y forrajeras arbustivas tropicales en la zona de Quevedo, Ecuador. *Idesia (Arica)*. 2014;32(3):75–80.

7 ANEXOS

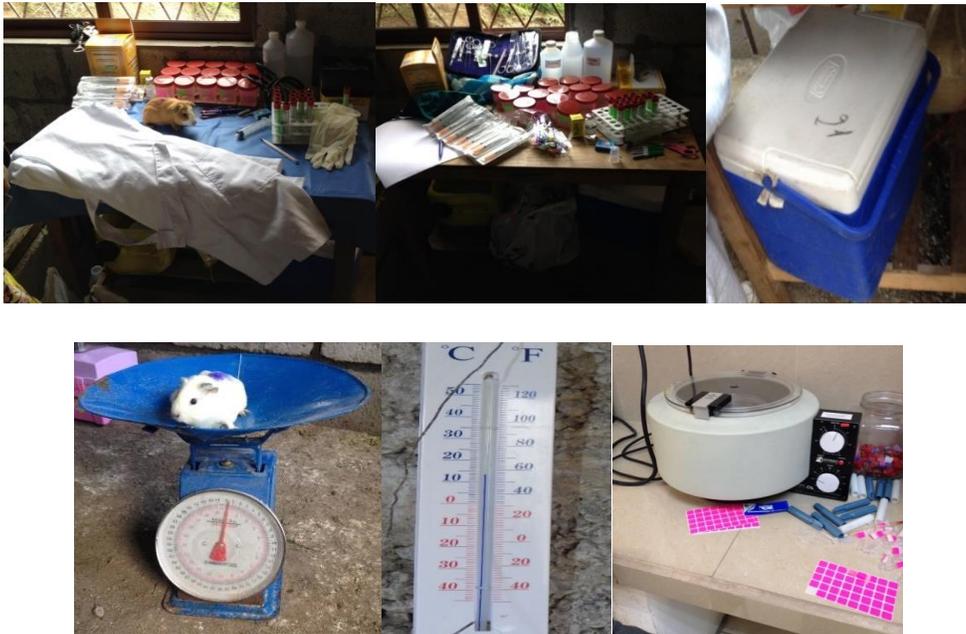
Anexo 1: Acondicionamiento de las instalaciones.



Anexo 2: Llegada y distribución de los animales.



Anexo 3: Materiales utilizados.



Anexo 4: Toma de muestras



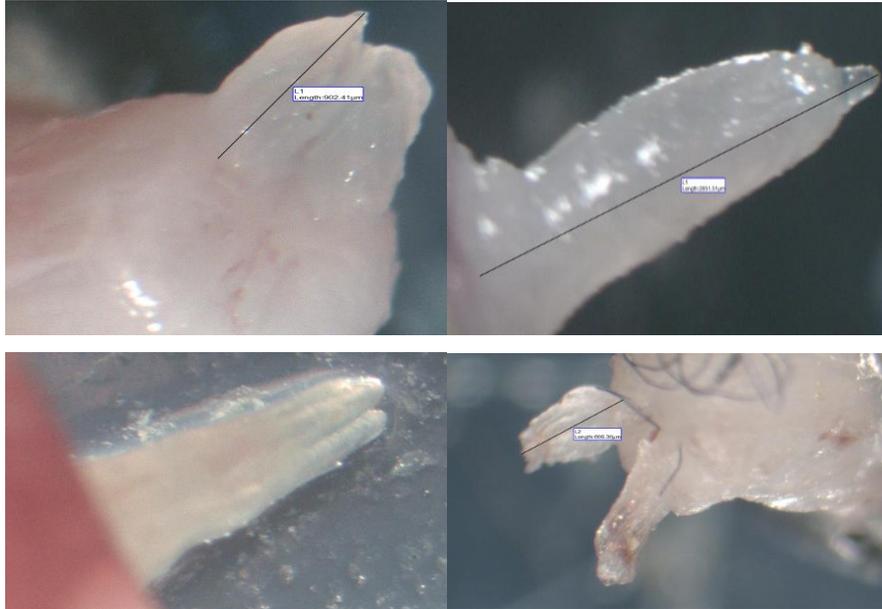
Anexo 5: Extirpación de la espículas Peneanas



Anexo 6: Castración quirúrgica.



Anexo 7: Medición de las espículas peneanas.



Anexo 8: Empadre y Cópula



Anexo 9: Gazapos nacidos





Anexo 10: Hoja de campo de los niveles de testosterona y el desarrollo espicular del experimento 1.

| EXPERIMENTO 1 | | | | | | | | | | |
|---------------|--------------|----------------------------|-----------------------|---------|----------------------------|-----------------------|---------|----------------------------|-----------------------|---------|
| | | GRUPO 1 | | | GRUPO 2 | | | GRUPO 3 | | |
| Edad (días) | # de muestra | Nivel de Testosterona (ng) | Tamaño espicular (um) | | Nivel de testosterona (ng) | Tamaño espicular (um) | | Nivel de testosterona (ng) | Tamaño espicular (um) | |
| 20 - 25 | 1 | 1.08 | 773.87 | 1563.88 | 0.92 | 1439.30 | 1954.87 | 0.56 | 1328.66 | 1895.14 |
| 20 - 25 | 2 | 0.88 | 1722.88 | 1938.99 | 0.54 | 1328.66 | 1489.30 | 0.75 | 950.55 | 1173.80 |
| 20 - 25 | 3 | 1.11 | 1589.03 | 1532.45 | 1.67 | 1033.81 | 1088.46 | 0.66 | 1442.16 | 2006.37 |
| 20 - 25 | 4 | 0.33 | 2438.65 | 1759.29 | 0.91 | 1243.72 | 1532.61 | 1.44 | 1702.84 | 2011.23 |
| 20 - 25 | 5 | 0.46 | 1410.00 | 1785.83 | 1.04 | 1969.28 | 2010.23 | 0.62 | 1144.43 | 1350.44 |
| 35 - 40 | 1 | 0.49 | 1381.34 | 893.99 | 1.80 | 1459.00 | 1508.00 | 0.82 | 1893.82 | 1952.82 |
| 35 - 40 | 2 | 0.68 | 1594.04 | 1979.28 | 2.70 | 2309.28 | 2208.06 | 0.63 | 1283.07 | 1364.22 |
| 35 - 40 | 3 | 0.30 | 1511.90 | 2057.29 | 0.52 | 877.97 | 945.51 | 0.48 | 2271.04 | 2280.34 |
| 35 - 40 | 4 | 1.90 | 1750.00 | 2614.49 | 0.31 | 1290.87 | 1355.79 | 0.33 | 884.13 | 952.08 |
| 35 - 40 | 5 | 3.80 | 1807.81 | 1505.03 | 0.43 | 1629.83 | 1708.20 | 0.91 | 1768.05 | 1917.87 |
| 50 - 55 | 1 | 3.20 | 1932.69 | 2325.64 | 0.76 | 0.00 | 0.00 | 0.85 | 1075.88 | 1236.85 |
| 50 - 55 | 2 | 2.90 | 2312.86 | 2744.83 | 0.20 | 0.00 | 0.00 | 0.32 | 1367.29 | 1418.45 |
| 50 - 55 | 3 | 1.36 | 2790.33 | 2902.34 | 2.09 | 0.00 | 0.00 | 0.44 | 550.02 | 652.95 |
| 50 - 55 | 4 | 1.94 | 1971.48 | 2293.71 | 3.06 | 0.00 | 0.00 | 0.66 | 1378.59 | 1445.53 |
| 50 - 55 | 5 | 0.91 | 1419.89 | 1705.30 | 0.84 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 65 - 70 | 1 | 6.94 | 2077.19 | 3131.25 | 3.92 | 0.00 | 0.00 | 1.29 | 1402.28 | 1523.08 |
| 65 - 70 | 2 | 3.29 | 2142.73 | 2620.88 | 1.62 | 0.00 | 0.00 | 0.91 | 1267.91 | 1311.94 |
| 65 - 70 | 3 | 2.98 | 2401.00 | 2713.34 | 3.18 | 0.00 | 0.00 | 1.07 | 1050.00 | 1394.74 |
| 65 - 70 | 4 | 4.01 | 2340.25 | 2859.86 | 1.86 | 0.00 | 0.00 | 1.26 | 1268.28 | 1267.00 |
| 65 - 70 | 5 | 2.92 | 2289.95 | 2763.97 | 1.51 | 0.00 | 0.00 | 1.24 | 1799.40 | 2174.74 |
| 80 - 85 | 1 | 5.08 | 2785.34 | 3592.34 | 0.15 | 0.00 | 0.00 | 0.45 | 1650.88 | 1662.76 |
| 80 - 85 | 2 | 2.23 | 2594.86 | 3403.18 | 2.63 | 0.00 | 0.00 | 0.29 | 1021.42 | 1297.83 |
| 80 - 85 | 3 | 3.70 | 3422.46 | 3559.19 | 2.49 | 0.00 | 0.00 | 0.42 | 1193.63 | 1928.15 |
| 80 - 85 | 4 | 2.71 | 3040.10 | 3045.52 | 0.33 | 0.00 | 0.00 | 0.21 | 541.34 | 785.11 |
| 80 - 85 | 5 | 0.31 | 1780.76 | 1795.13 | 3.53 | 0.00 | 0.00 | | | |



Anexo 11: Valoración de niveles de testosterona del experimento 1.

| | | Descriptivos | | | | | | | |
|-------|--------------|--------------|--------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|--------|--------|
| | | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Sem_1 | Enteros | 5 | ,7720 | ,35829 | ,16023 | ,3271 | 1,2169 | ,33 | 1,11 |
| | Despiculados | 5 | ,8940 | ,20824 | ,09357 | ,6342 | 1,1538 | ,54 | 1,08 |
| | Castrados | 5 | ,8080 | ,38108 | ,16148 | ,3577 | 1,2543 | ,56 | 1,44 |
| | Total | 15 | ,8240 | ,29878 | ,07714 | ,6585 | ,9895 | ,33 | 1,44 |
| Sem_2 | Enteros | 5 | 1,4340 | 1,46294 | ,65424 | -3,825 | 3,2505 | ,30 | 3,80 |
| | Despiculados | 5 | 1,1520 | 1,05428 | ,47148 | -,1570 | 2,4610 | ,31 | 2,70 |
| | Castrados | 5 | 1,0080 | ,31310 | ,14002 | ,6172 | 1,3948 | ,78 | 1,55 |
| | Total | 15 | 1,1973 | ,99542 | ,25702 | ,6461 | 1,7486 | ,30 | 3,80 |
| Sem_3 | Enteros | 5 | 2,0620 | ,97878 | ,43773 | ,8467 | 3,2773 | ,91 | 3,20 |
| | Despiculados | 5 | 1,5900 | ,97852 | ,43672 | ,3775 | 2,8025 | ,76 | 3,08 |
| | Castrados | 5 | ,4880 | ,13145 | ,05879 | ,3228 | ,6492 | ,32 | ,66 |
| | Total | 15 | 1,3793 | 1,00917 | ,28057 | ,8205 | 1,9382 | ,32 | 3,20 |
| Sem_4 | Enteros | 5 | 4,0280 | 1,68454 | ,75335 | 1,9364 | 6,1196 | 2,92 | 6,94 |
| | Despiculados | 5 | 2,5540 | 1,22833 | ,54843 | 1,0313 | 4,0767 | 1,51 | 3,92 |
| | Castrados | 5 | 1,1540 | ,16103 | ,07201 | ,9541 | 1,3539 | ,91 | 1,29 |
| | Total | 15 | 2,5787 | 1,65020 | ,42808 | 1,6648 | 3,4925 | ,91 | 6,94 |
| Sem_5 | Enteros | 5 | 2,8080 | 1,77069 | ,79187 | ,6074 | 5,0046 | ,31 | 5,08 |
| | Despiculados | 5 | 1,8280 | 1,50316 | ,67223 | -,0404 | 3,8924 | ,15 | 3,53 |
| | Castrados | 5 | ,3420 | ,09731 | ,04352 | ,2212 | ,4628 | ,21 | ,45 |
| | Total | 15 | 1,8580 | 1,62584 | ,41979 | ,7576 | 2,5584 | ,15 | 5,08 |



Anexo 12: Valoración de niveles de testosterona del experimento mediante la prueba estadística paramétrica ANOVA.

| | | ANOVA | | | | |
|-------|------------------|----------------------|----|---------------------|-------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Sem_1 | Entre grupos | ,040 | 2 | ,020 | ,197 | ,824 |
| | Dentro de grupos | 1,210 | 12 | ,101 | | |
| | Total | 1,250 | 14 | | | |
| Sem_2 | Entre grupos | ,473 | 2 | ,237 | ,212 | ,812 |
| | Dentro de grupos | 13,399 | 12 | 1,117 | | |
| | Total | 13,872 | 14 | | | |
| Sem_3 | Entre grupos | 6,542 | 2 | 3,271 | 5,088 | ,025 |
| | Dentro de grupos | 7,716 | 12 | ,643 | | |
| | Total | 14,258 | 14 | | | |
| Sem_4 | Entre grupos | 20,654 | 2 | 10,327 | 7,094 | ,009 |
| | Dentro de grupos | 17,470 | 12 | 1,456 | | |
| | Total | 38,124 | 14 | | | |
| Sem_5 | Entre grupos | 15,390 | 2 | 7,695 | 4,272 | ,040 |
| | Dentro de grupos | 21,617 | 12 | 1,801 | | |
| | Total | 37,007 | 14 | | | |



Anexo 13: Valoración de niveles de testosterona del experimento 1 mediante comparaciones múltiples de la prueba Tukey.

| Comparaciones múltiples | | | | | | | |
|-------------------------|-----------------|-----------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| Variable dependiente | (I) <u>Trat</u> | (J) <u>Trat</u> | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Sem_1 | Enteros | Despiculados | -,12200 | ,20084 | ,819 | -,6578 | ,4138 |
| | | Castrados | -,03400 | ,20084 | ,984 | -,5698 | ,5018 |
| | Despiculados | Enteros | ,12200 | ,20084 | ,819 | -,4138 | ,6578 |
| | | Castrados | ,08800 | ,20084 | ,900 | -,4478 | ,6238 |
| | Castrados | Enteros | ,03400 | ,20084 | ,984 | -,5018 | ,5698 |
| | | Despiculados | -,08800 | ,20084 | ,900 | -,6238 | ,4478 |
| Sem_2 | Enteros | Despiculados | ,28200 | ,66830 | ,907 | -1,5009 | 2,0649 |
| | | Castrados | ,42800 | ,66830 | ,801 | -1,3549 | 2,2109 |
| | Despiculados | Enteros | -,28200 | ,66830 | ,907 | -2,0649 | 1,5009 |
| | | Castrados | ,14600 | ,66830 | ,974 | -1,6369 | 1,9289 |
| | Castrados | Enteros | -,42800 | ,66830 | ,801 | -2,2109 | 1,3549 |
| | | Despiculados | -,14600 | ,66830 | ,974 | -1,9289 | 1,6369 |
| Sem_3 | Enteros | Despiculados | ,47200 | ,50714 | ,632 | -,8810 | 1,8250 |
| | | Castrados | 1,57600* | ,50714 | ,023 | ,2230 | 2,9290 |
| | Despiculados | Enteros | -,47200 | ,50714 | ,632 | -1,8250 | ,8810 |
| | | Castrados | 1,10400 | ,50714 | ,116 | -,2490 | 2,4570 |
| | Castrados | Enteros | -1,57600* | ,50714 | ,023 | -2,9290 | -,2230 |
| | | Despiculados | -1,10400 | ,50714 | ,116 | -2,4570 | ,2490 |
| Sem_4 | Enteros | Despiculados | 1,47400 | ,76311 | ,172 | -,5619 | 3,5099 |
| | | Castrados | 2,87400* | ,76311 | ,007 | ,8381 | 4,9099 |
| | Despiculados | Enteros | -1,47400 | ,76311 | ,172 | -3,5099 | ,5619 |
| | | Castrados | 1,40000 | ,76311 | ,200 | -,6359 | 3,4359 |
| | Castrados | Enteros | -2,87400* | ,76311 | ,007 | -4,9099 | -,8381 |
| | | Despiculados | -1,40000 | ,76311 | ,200 | -3,4359 | ,6359 |
| Sem_5 | Enteros | Despiculados | ,98000 | ,84886 | ,501 | -1,2847 | 3,2447 |
| | | Castrados | 2,46400* | ,84886 | ,033 | ,1993 | 4,7287 |
| | Despiculados | Enteros | -,98000 | ,84886 | ,501 | -3,2447 | 1,2847 |
| | | Castrados | 1,48400 | ,84886 | ,228 | -,7807 | 3,7487 |
| | Castrados | Enteros | -2,46400* | ,84886 | ,033 | -4,7287 | -,1993 |
| | | Despiculados | -1,48400 | ,84886 | ,228 | -3,7487 | ,7807 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.



Anexo 14: Valoración del desarrollo de las espículas peneanas del experimento 1.

| | | Descriptivos | | | | | | | |
|----------|---------------------|--------------|-----------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|---------|---------|
| | | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | |
| Esp_iz_1 | Enteros | 5 | 1586,8860 | 599,22545 | 267,98177 | 842,8493 | 2330,9227 | 773,87 | 2438,65 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | 1402,9540 | 349,71007 | 156,39510 | 968,7316 | 1837,1764 | 1033,81 | 1969,28 |
| | Castrados | 5 | 1313,7280 | 286,65570 | 128,19633 | 957,7979 | 1669,6581 | 950,55 | 1702,84 |
| | Total | 15 | 1434,5227 | 418,17389 | 107,97203 | 1202,9457 | 1666,0996 | 773,87 | 2438,65 |
| Esp_dr_1 | Enteros | 5 | 1716,0880 | 168,30467 | 75,26814 | 1507,1101 | 1925,0659 | 1532,45 | 1938,99 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | 1615,0940 | 378,00506 | 169,04900 | 1145,7387 | 2084,4493 | 1088,46 | 2010,23 |
| | Castrados | 5 | 1687,3960 | 395,94527 | 177,07211 | 1195,7650 | 2179,0270 | 1173,80 | 2011,23 |
| | Total | 15 | 1672,8593 | 309,26550 | 79,85201 | 1501,5938 | 1844,1249 | 1088,46 | 2011,23 |
| Esp_iz_2 | Enteros | 5 | 1609,0180 | 173,84454 | 77,74564 | 1393,1615 | 1824,8745 | 1381,34 | 1807,81 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | 1513,3900 | 525,17406 | 234,86498 | 861,3003 | 2165,4797 | 877,97 | 2309,28 |
| | Castrados | 5 | 1620,0220 | 542,16597 | 242,46399 | 946,8340 | 2293,2100 | 884,13 | 2271,04 |
| | Total | 15 | 1580,8100 | 416,98649 | 107,66545 | 1349,8906 | 1811,7294 | 877,97 | 2309,28 |
| Esp_dr_2 | Enteros | 5 | 1810,0160 | 645,96696 | 288,88521 | 1007,9421 | 2612,0899 | 893,99 | 2614,49 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | 1545,1120 | 464,44602 | 207,70657 | 968,4261 | 2121,7979 | 945,51 | 2208,06 |
| | Castrados | 5 | 1693,4660 | 529,17362 | 236,65364 | 1036,4102 | 2350,5218 | 952,08 | 2280,34 |
| | Total | 15 | 1682,8647 | 522,92520 | 135,01871 | 1393,2783 | 1972,4510 | 893,99 | 2614,49 |
| Esp_iz_3 | Enteros | 5 | 2085,4500 | 506,91864 | 226,70091 | 1456,0274 | 2714,8726 | 1419,89 | 2790,33 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 4 | 1092,9450 | 388,12241 | 194,06120 | 475,3556 | 1710,5344 | 550,02 | 1378,59 |
| | Total | 14 | 1057,0736 | 975,06383 | 260,59677 | 494,0885 | 1620,0587 | ,00 | 2790,33 |
| Esp_dr_3 | Enteros | 5 | 2394,3640 | 466,51084 | 208,62999 | 1815,1143 | 2973,6137 | 1705,30 | 2902,34 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 4 | 1188,4450 | 368,82378 | 184,41189 | 601,5641 | 1775,3259 | 652,95 | 1445,53 |
| | Total | 14 | 1194,6857 | 1095,84137 | 292,87592 | 561,9657 | 1827,4057 | ,00 | 2902,34 |
| Esp_iz_4 | Enteros | 5 | 2250,2240 | 135,93377 | 60,79143 | 2081,4399 | 2419,0081 | 2077,19 | 2401,00 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 5 | 1137,5740 | 92,90648 | 41,54904 | 1022,2154 | 1252,9326 | 1050,00 | 1267,91 |
| | Total | 15 | 1129,2660 | 954,97667 | 246,57392 | 600,4175 | 1658,1145 | ,00 | 2401,00 |
| Esp_dr_4 | Enteros | 5 | 2817,8600 | 195,32471 | 87,35187 | 2575,3323 | 3060,3877 | 2620,88 | 3131,25 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 5 | 1282,3000 | 73,86937 | 33,03539 | 1190,5791 | 1374,0209 | 1214,74 | 1394,74 |
| | Total | 15 | 1366,7200 | 1197,57856 | 309,21345 | 703,5231 | 2029,9169 | ,00 | 3131,25 |
| Esp_iz_5 | Enteros | 5 | 2724,7040 | 611,94455 | 273,66992 | 1964,8745 | 3484,5335 | 1780,76 | 3422,46 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 4 | 951,8175 | 278,73102 | 139,36551 | 508,2942 | 1395,3408 | 541,34 | 1150,88 |
| | Total | 14 | 1245,0564 | 1264,07601 | 337,83852 | 515,2007 | 1974,9122 | ,00 | 3422,46 |
| Esp_dr_5 | Enteros | 5 | 3079,0720 | 749,77265 | 335,30852 | 2148,1063 | 4010,0377 | 1795,13 | 3592,34 |
| | <u>Despiculados</u> | 5 | ,0000 | ,00000 | ,00000 | ,0000 | ,0000 | ,00 | ,00 |
| | Castrados | 4 | 1143,4625 | 240,58935 | 120,29467 | 760,6312 | 1526,2938 | 785,11 | 1297,83 |
| | Total | 14 | 1426,3721 | 1429,69090 | 382,10097 | 600,8932 | 2251,8511 | ,00 | 3592,34 |



Anexo 15: Valoración del desarrollo de las espículas peneanas del experimento mediante la prueba estadística paramétrica ANOVA.

| ANOVA | | | | | | |
|--------------|------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Esp_iz_1 | Entre grupos | 194012,588 | 2 | 97006,294 | ,516 | ,609 |
| | Dentro de grupos | 2254159,042 | 12 | 187846,587 | | |
| | Total | 2448171,630 | 14 | | | |
| Esp_dr_1 | Entre grupos | 27084,330 | 2 | 13542,165 | ,124 | ,885 |
| | Dentro de grupos | 1311947,790 | 12 | 109328,983 | | |
| | Total | 1339032,120 | 14 | | | |
| Esp_iz_2 | Entre grupos | 34393,643 | 2 | 17196,822 | ,086 | ,918 |
| | Dentro de grupos | 2399894,622 | 12 | 199991,219 | | |
| | Total | 2434288,265 | 14 | | | |
| Esp_dr_2 | Entre grupos | 176278,235 | 2 | 88139,118 | ,290 | ,754 |
| | Dentro de grupos | 3652032,541 | 12 | 304336,045 | | |
| | Total | 3828310,776 | 14 | | | |
| Esp_iz_3 | Entre grupos | 10879960,110 | 2 | 5439980,054 | 40,438 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 1479783,030 | 11 | 134525,730 | | |
| | Total | 12359743,140 | 13 | | | |
| Esp_dr_3 | Entre grupos | 14332665,510 | 2 | 7166332,756 | 61,652 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 1278622,382 | 11 | 116238,398 | | |
| | Total | 15611287,890 | 13 | | | |
| Esp_iz_4 | Entre grupos | 12659287,800 | 2 | 6329643,898 | 700,450 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 108438,421 | 12 | 9036,535 | | |
| | Total | 12767726,220 | 14 | | | |
| Esp_dr_4 | Entre grupos | 19904287,970 | 2 | 9952143,986 | 684,648 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 174433,710 | 12 | 14536,143 | | |



| | | | | | | |
|----------|------------------|------------------|----|------------------|--------|------|
| | Total | 20078721,68 0 | 14 | | | |
| Esp_iz_5 | Entre grupos | 19041568,51 0 | 2 | 9520784,253 | 60,503 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 1730977,486 | 11 | 157361,590 | | |
| | Total | 20772545,99 0 | 13 | | | |
| Esp_dr_5 | Entre grupos | 24149923,00 0 | 2 | 12074961,50 0 | 54,834 | ,000 |
| | Dentro de grupos | 2422285,831 | 11 | 220207,803 | | |
| | Total | 26572208,83 0 | 13 | | | |

Anexo 16: Valoración del desarrollo espicular del experimento 1 mediante comparaciones múltiples de la prueba Tukey.

| Comparaciones múltiples | | | | | | | |
|-------------------------|--------------|--------------|----------------------------|----------------|------|-------------------------------|-----------------|
| HSD Tukey | | | | | | | |
| Variable dependiente | (I) Trat | (J) Trat | Diferencia de medias (I-J) | Error estándar | Sig. | Intervalo de confianza al 95% | |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior |
| Esp_iz_1 | Enteros | Despiculados | 183,93200 | 274,11427 | ,784 | -547,3675 | 915,2315 |
| | | Castrados | 273,15800 | 274,11427 | ,593 | -458,1415 | 1004,4575 |
| | Despiculados | Enteros | -183,93200 | 274,11427 | ,784 | -915,2315 | 547,3675 |
| | | Castrados | 89,22600 | 274,11427 | ,944 | -642,0735 | 820,5255 |
| | Castrados | Enteros | -273,15800 | 274,11427 | ,593 | -1004,4575 | 458,1415 |
| | | Despiculados | -89,22600 | 274,11427 | ,944 | -820,5255 | 642,0735 |
| Esp_dr_1 | Enteros | Despiculados | 100,99400 | 209,12100 | ,881 | -456,9123 | 658,9003 |
| | | Castrados | 28,69200 | 209,12100 | ,990 | -529,2143 | 586,5983 |
| | Despiculados | Enteros | -100,99400 | 209,12100 | ,881 | -658,9003 | 456,9123 |
| | | Castrados | -72,30200 | 209,12100 | ,937 | -630,2083 | 485,6043 |
| | Castrados | Enteros | -28,69200 | 209,12100 | ,990 | -586,5983 | 529,2143 |
| | | Despiculados | 72,30200 | 209,12100 | ,937 | -485,6043 | 630,2083 |
| Esp_iz_2 | Enteros | Despiculados | 95,62800 | 282,83650 | ,939 | -658,9412 | 850,1972 |
| | | Castrados | -11,00400 | 282,83650 | ,999 | -765,5732 | 743,5652 |
| | Despiculados | Enteros | -95,62800 | 282,83650 | ,939 | -850,1972 | 658,9412 |
| | | Castrados | -106,63200 | 282,83650 | ,925 | -861,2012 | 647,9372 |
| | Castrados | Enteros | 11,00400 | 282,83650 | ,999 | -743,5652 | 765,5732 |
| | | Despiculados | 106,63200 | 282,83650 | ,925 | -647,9372 | 861,2012 |
| Esp_dr_2 | Enteros | Despiculados | 264,90400 | 348,90460 | ,734 | -665,9259 | 1195,7339 |
| | | Castrados | 116,55000 | 348,90460 | ,941 | -814,2799 | 1047,3799 |
| | Despiculados | Enteros | -264,90400 | 348,90460 | ,734 | -1195,7339 | 665,9259 |



| | | | | | | | |
|----------|--------------|--------------|--------------|-----------|------|------------|------------|
| | | Castrados | -148,35400 | 348,90460 | ,906 | -1079,1839 | 782,4759 |
| | Castrados | Enteros | -116,55000 | 348,90460 | ,941 | -1047,3799 | 814,2799 |
| | | Despiculados | 148,35400 | 348,90460 | ,906 | -782,4759 | 1079,1839 |
| Esp_iz_3 | Enteros | Despiculados | 2085,45000' | 231,97046 | ,000 | 1458,9310 | 2711,9690 |
| | | Castrados | 992,50500' | 246,04182 | ,005 | 327,9813 | 1657,0287 |
| | | Despiculados | -2085,45000' | 231,97046 | ,000 | -2711,9690 | -1458,9310 |
| | Despiculados | Castrados | -1092,94500' | 246,04182 | ,003 | -1757,4687 | -428,4213 |
| | | Castrados | -992,50500' | 246,04182 | ,005 | -1657,0287 | -327,9813 |
| | | Despiculados | 1092,94500' | 246,04182 | ,003 | 428,4213 | 1757,4687 |
| Esp_dr_3 | Enteros | Despiculados | 2394,36400' | 215,62783 | ,000 | 1811,9841 | 2976,7439 |
| | | Castrados | 1205,91900' | 228,70785 | ,001 | 588,2119 | 1823,6261 |
| | | Despiculados | -2394,36400' | 215,62783 | ,000 | -2976,7439 | -1811,9841 |
| | Despiculados | Castrados | -1188,44500' | 228,70785 | ,001 | -1806,1521 | -570,7379 |
| | | Castrados | -1205,91900' | 228,70785 | ,001 | -1823,6261 | -588,2119 |
| | | Despiculados | 1188,44500' | 228,70785 | ,001 | 570,7379 | 1806,1521 |
| Esp_iz_4 | Enteros | Despiculados | 2250,22400' | 60,12166 | ,000 | 2089,8276 | 2410,6204 |
| | | Castrados | 1112,65000' | 60,12166 | ,000 | 952,2536 | 1273,0464 |
| | | Despiculados | -2250,22400' | 60,12166 | ,000 | -2410,6204 | -2089,8276 |
| | Despiculados | Castrados | -1137,57400' | 60,12166 | ,000 | -1297,9704 | -977,1776 |
| | | Castrados | -1112,65000' | 60,12166 | ,000 | -1273,0464 | -952,2536 |
| | | Despiculados | 1137,57400' | 60,12166 | ,000 | 977,1776 | 1297,9704 |
| Esp_dr_4 | Enteros | Despiculados | 2817,86000' | 76,25259 | ,000 | 2614,4285 | 3021,2915 |
| | | Castrados | 1535,56000' | 76,25259 | ,000 | 1332,1285 | 1738,9915 |
| | Despiculados | Enteros | -2817,86000' | 76,25259 | ,000 | -3021,2915 | -2614,4285 |
| | | Castrados | -1282,30000' | 76,25259 | ,000 | -1485,7315 | -1078,8685 |
| | Castrados | Enteros | -1535,56000' | 76,25259 | ,000 | -1738,9915 | -1332,1285 |
| | | Despiculados | 1282,30000' | 76,25259 | ,000 | 1078,8685 | 1485,7315 |
| Esp_iz_5 | Enteros | Despiculados | 2724,70400' | 250,88770 | ,000 | 2047,0923 | 3402,3157 |
| | | Castrados | 1772,88650' | 266,10659 | ,000 | 1054,1707 | 2491,6023 |
| | | Despiculados | -2724,70400' | 250,88770 | ,000 | -3402,3157 | -2047,0923 |
| | Despiculados | Castrados | -951,81750' | 266,10659 | ,011 | -1670,5333 | -233,1017 |
| | | Castrados | -1772,88650' | 266,10659 | ,000 | -2491,6023 | -1054,1707 |
| | | Despiculados | 951,81750' | 266,10659 | ,011 | 233,1017 | 1670,5333 |
| Esp_dr_5 | Enteros | Despiculados | 3079,07200' | 296,78801 | ,000 | 2277,4901 | 3880,6539 |
| | | Castrados | 1935,60950' | 314,79122 | ,000 | 1085,4035 | 2785,8155 |
| | | Despiculados | -3079,07200' | 296,78801 | ,000 | -3880,6539 | -2277,4901 |
| | Despiculados | Castrados | -1143,46250' | 314,79122 | ,010 | -1993,6685 | -293,2565 |
| | | Castrados | -1935,60950' | 314,79122 | ,000 | -2785,8155 | -1085,4035 |
| | | Despiculados | 1143,46250' | 314,79122 | ,010 | 293,2565 | 1993,6685 |

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.



Anexo 17: Hoja de campo del desarrollo espicular del experimento 2.

| EXPERIMENTO 2 | | | | | |
|---------------|--------------|-----------------------|---------|-----------------------|---------|
| Edad (días) | # de muestra | Tamaño espicular (um) | | Tamaño espicular (um) | |
| 35 - 40 | 1 | 1243.72 | 1532.61 | 1011.43 | 1062.50 |
| 35 - 40 | 2 | 1093.43 | 1184.00 | 1810.38 | 1974.42 |
| 35 - 40 | 3 | 814.23 | 948.11 | 1722.88 | 1938.99 |
| 35 - 40 | 4 | 1646.91 | 1663.48 | 359.00 | 378.50 |
| 35 - 40 | 5 | 941.69 | 1003.77 | 1042.36 | 1042.36 |
| 65 - 70 | 1 | 674.36 | 705.78 | 829.75 | 124.75 |
| 65 - 70 | 2 | 547.59 | 625.02 | 863.14 | 904.83 |
| 65 - 70 | 3 | 704.87 | 825.13 | 959.75 | 1241.11 |
| 65 - 70 | 4 | 1203.23 | 1447.32 | 1050.00 | 1394.74 |
| 65 - 70 | 5 | 815.65 | 920.14 | 666.36 | 928.32 |
| 95-100 | 1 | 1482.10 | 2016.04 | 2183.75 | 2578.38 |
| 95-100 | 2 | 2437.92 | 2587.35 | 2696.38 | 2851.51 |
| 95-100 | 3 | 2751.23 | 2870.04 | 2086.52 | 2404.75 |
| 95-100 | 4 | 2539.08 | 2909.65 | 2847.84 | 3366.64 |
| 95-100 | 5 | 1860.22 | 2345.86 | 1396.70 | 1452.14 |

Anexo 18. Valoración del crecimiento de las espículas peneanas derechas al día 35 de edad de los tres tratamientos del experimento 2.

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 1147,9960 | 322,10931 | 144,05166 | 748,0445 | 1547,9475 | 814,23 | 1646,91 |
| | 250ug | 5 | 1189,2100 | 594,36418 | 265,80774 | 451,2094 | 1927,2106 | 359,00 | 1810,38 |
| | Testigo | 5 | 1609,0180 | 173,84454 | 77,74564 | 1393,1615 | 1824,8745 | 1381,34 | 1807,81 |
| | Total | 15 | 1315,4080 | 430,92742 | 111,26498 | 1076,7683 | 1554,0477 | 359,00 | 1810,38 |
| ED | 125ug | 5 | 1266,39 | 318,43881 | 142,41016 | 871,0000 | 1661,7880 | 948,11 | 1663,48 |
| | 250ug | 5 | 1279,35 | 676,93540 | 302,73471 | 438,8277 | 2119,8803 | 378,50 | 1974,42 |
| | Testigo | 5 | 1810,02 | 645,96696 | 288,88521 | 1007,9421 | 2612,0899 | 893,99 | 2614,49 |
| | Total | 15 | 1451,92 | 589,78391 | 152,28155 | 1125,3099 | 1778,5328 | 378,50 | 2614,49 |



Anexo 19. Valoración del crecimiento de las espículas peneanas izquierdas al día 35 de edad de los tres tratamientos

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 1148,00 | 322,10931 | 144,05166 | 748,0445 | 1547,9475 | 814,23 | 1646,91 |
| | 250ug | 5 | 1189,21 | 594,36418 | 265,80774 | 451,2094 | 1927,2106 | 359,00 | 1810,38 |
| | Testigo | 5 | 1609,02 | 173,84454 | 77,74564 | 1393,1615 | 1824,8745 | 1381,34 | 1807,81 |
| | Total | 15 | 1315,41 | 430,92742 | 111,26498 | 1076,7683 | 1554,0477 | 359,00 | 1810,38 |
| ED | 125ug | 5 | 1266,3940 | 318,43881 | 142,41016 | 871,0000 | 1661,7880 | 948,11 | 1663,48 |
| | 250ug | 5 | 1279,3540 | 676,93540 | 302,73471 | 438,8277 | 2119,8803 | 378,50 | 1974,42 |
| | Testigo | 5 | 1810,0160 | 645,96696 | 288,88521 | 1007,9421 | 2612,0899 | 893,99 | 2614,49 |
| | Total | 15 | 1451,9213 | 589,78391 | 152,28155 | 1125,3099 | 1778,5328 | 378,50 | 2614,49 |

Anexo 20: Valoración del crecimiento de las espículas peneanas derechas al día 65 de edad de los tres tratamientos

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 789,1400 | 250,39748 | 111,98116 | 478,2305 | 1100,0495 | 547,59 | 1203,23 |
| | 250ug | 5 | 873,8000 | 144,49847 | 64,62168 | 694,3814 | 1053,2186 | 666,36 | 1050,00 |
| | Testigo | 5 | 2250,2240 | 135,93377 | 60,79143 | 2081,4399 | 2419,0081 | 2077,19 | 2401,00 |
| | Total | 15 | 1304,3880 | 713,92717 | 184,33520 | 909,0283 | 1699,7477 | 547,59 | 2401,00 |
| ED | 125ug | 5 | 904,6780 | 323,57237 | 144,70596 | 502,9098 | 1306,4462 | 625,02 | 1447,32 |
| | 250ug | 5 | 1142,1500 | 215,38280 | 96,32212 | 874,7169 | 1409,5831 | 904,83 | 1394,74 |
| | Testigo | 5 | 2817,8600 | 195,32471 | 87,35187 | 2575,3323 | 3060,3877 | 2620,88 | 3131,25 |
| | Total | 15 | 1621,5627 | 911,49013 | 235,34574 | 1116,7963 | 2126,3291 | 625,02 | 3131,25 |



Anexo 21: Valoración del crecimiento de las espículas peneanas izquierdas al día 65 de edad de los tres tratamientos.

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 789,1400 | 250,39748 | 111,98116 | 478,2305 | 1100,0495 | 547,59 | 1203,23 |
| | 250ug | 5 | 873,8000 | 144,49847 | 64,62168 | 694,3814 | 1053,2186 | 666,36 | 1050,00 |
| | Testigo | 5 | 2250,2240 | 135,93377 | 60,79143 | 2081,4399 | 2419,0081 | 2077,19 | 2401,00 |
| | Total | 15 | 1304,3880 | 713,92717 | 184,33520 | 909,0283 | 1699,7477 | 547,59 | 2401,00 |
| ED | 125ug | 5 | 904,6780 | 323,57237 | 144,70596 | 502,9098 | 1306,4462 | 625,02 | 1447,32 |
| | 250ug | 5 | 1142,1500 | 215,38280 | 96,32212 | 874,7169 | 1409,5831 | 904,83 | 1394,74 |
| | Testigo | 5 | 2817,8600 | 195,32471 | 87,35187 | 2575,3323 | 3060,3877 | 2620,88 | 3131,25 |
| | Total | 15 | 1621,5627 | 911,49013 | 235,34574 | 1116,7963 | 2126,3291 | 625,02 | 3131,25 |

Anexo 22: Valoración del crecimiento de las espículas peneanas derechas al día 95 de edad de los tres tratamientos

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 2214,1100 | 525,65937 | 235,08202 | 1561,4177 | 2866,8023 | 1482,10 | 2751,23 |
| | 250ug | 5 | 2242,2380 | 573,49852 | 256,47633 | 1530,1455 | 2954,3305 | 1396,70 | 2847,84 |
| | Testigo | 5 | 2724,7040 | 611,94455 | 273,66992 | 1964,8745 | 3484,5335 | 1780,76 | 3422,46 |
| | Total | 15 | 2393,6840 | 582,02618 | 150,27851 | 2071,3686 | 2715,9994 | 1396,70 | 3422,46 |
| ED | 125ug | 5 | 2545,7880 | 374,12112 | 167,31205 | 2081,2553 | 3010,3207 | 2016,04 | 2909,65 |
| | 250ug | 5 | 2530,6840 | 704,12059 | 314,89230 | 1656,4028 | 3404,9652 | 1452,14 | 3366,64 |
| | Testigo | 5 | 3079,0720 | 749,77265 | 335,30852 | 2148,1063 | 4010,0377 | 1795,13 | 3592,34 |
| | Total | 15 | 2718,5147 | 641,82931 | 165,71961 | 2363,0814 | 3073,9479 | 1452,14 | 3592,34 |



Anexo 23: Valoración del crecimiento de las espículas peneanas izquierdas al día 95 de edad de los tres tratamientos

| | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | |
|----|---------|-------|---------------------|----------------|----------------------------------------------|-----------------|-----------|---------|---------|
| | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| EI | 125ug | 5 | 2214,1100 | 525,65937 | 235,08202 | 1561,4177 | 2866,8023 | 1482,10 | 2751,23 |
| | 250ug | 5 | 2242,2380 | 573,49852 | 256,47633 | 1530,1455 | 2954,3305 | 1396,70 | 2847,84 |
| | Testigo | 5 | 2724,7040 | 611,94455 | 273,66992 | 1964,8745 | 3484,5335 | 1780,76 | 3422,46 |
| | Total | 15 | 2393,6840 | 582,02618 | 150,27851 | 2071,3686 | 2715,9994 | 1396,70 | 3422,46 |
| ED | 125ug | 5 | 2545,7880 | 374,12112 | 167,31205 | 2081,2553 | 3010,3207 | 2016,04 | 2909,65 |
| | 250ug | 5 | 2530,6840 | 704,12059 | 314,89230 | 1656,4028 | 3404,9652 | 1452,14 | 3366,64 |
| | Testigo | 5 | 3079,0720 | 749,77265 | 335,30852 | 2148,1063 | 4010,0377 | 1795,13 | 3592,34 |
| | Total | 15 | 2718,5147 | 641,82931 | 165,71961 | 2363,0814 | 3073,9479 | 1452,14 | 3592,34 |

Anexo 24: Hoja de campo de la fertilidad y prolificidad del experimento 3.

| EXPERIMENTO 3 | | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|-----------|--------------------------------------------------|-----------------|-------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------|-----------------|-------|---------|
| GRUPO 1 "Hembras + enteros" | | | | | | GRUPO 2 "Hembras + extirpados las espículas" | | | | | |
| COLOR POZA | FECHA | CARACTERÍSTICAS DE MADRES | NÚMERO DE CRIAS | VIVOS | MUERTOS | COLOR POZA | FECHA | CARACTERÍSTICAS DE MADRES | NÚMERO DE CRIAS | VIVOS | MUERTOS |
| MORADO(1) | 8/23/2017 | CAFÉ FRANJA BLANCA ABDOMEN Y CUELLO | 5 | 5 | 0 | VERDE LIMON(1) | 8/26/2017 | BLANCA FRANJA CAFÉ ABDOMEN Y CAFES | 4 | 4 | 0 |
| MORADO(2) | 8/31/2017 | BLANCA FRANJA CAFÉ EN EL CUELLO Y OREJA DERECHA | 3 | 3 | 0 | VERDE LIMON(2) | 9/2/2017 | CAFÉ CARA BLANCA OJOS ROJOS | 3 | 2 | 1 |
| MORADO(3) | 9/1/2017 | BLANCO Y BAYO AL CONTORNO DE OJOS | 4 | 4 | 0 | VERDE LIMON(3) | 9/3/2017 | OJOS ROJOS CARA Y TRONCO BLANCO | 4 | 4 | 0 |
| MORADO(4) | 9/4/2017 | BLANCA ENTERA OJOS ROJOS MANCHA CAFÉ EN LA NARIZ | 3 | 3 | 0 | VERDE LIMON(4) | 9/3/2017 | FRENTE Y NARIZ BLANCA CAFÉ TODO EL TRONCO | 3 | 3 | 0 |



| | | | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-------------------------------------------------------------|---|---|---|-------------------|-----------|-------------------------------------------------------|---|---|---|
| MORADO(5) | 9/6/2017 | BLANCA MANCHA CAFÉ OREJA IZQUIERDA | 4 | 4 | 0 | VERDE LIMON(5) | 9/7/2017 | BLANCA CAFÉ OJO Y OREJA IZQUIERDA | 4 | 2 | 2 |
| AZUL (1) | 8/26/2017 | CAFÉ ENTERA BLANCO NARIZ Y MEDIA FRENTE | 4 | 3 | 1 | MELON(1) | 8/27/2017 | CAFÉ FRANJA BLANCA CUELLO TREN POSTERIOR | 4 | 4 | 0 |
| AZUL (2) | 9/2/2017 | BLANCO MANCHA CAFÉ PIERNA DERECHA Y OJOS IZQUIERDO | 3 | 3 | 0 | MELON(2) | 8/27/2017 | BLANCO ENTERO | 1 | 1 | 0 |
| AZUL (3) | 9/2/2017 | BLANCO MANCHA CAFÉ CONTORNO DE OJOS | 3 | 3 | 0 | MELON(3) | 8/29/2017 | BLANCO Y BAYO OJOS ROJOS | 2 | 2 | 0 |
| AZUL(4) | 9/4/2017 | CAFÉ NARIZ Y FRENTE BLANCO | 4 | 4 | 0 | MELON(4) | 9/7/2017 | CAFÉ OJOS ROJOS MANCHA BLANCA FRENTE Y NARIZ | 3 | 3 | 0 |
| AZUL(5) | 9/9/2017 | CAFÉ ENTERA Y PELAJE LARGO | 5 | 5 | 0 | MELON(5) | 9/7/2017 | OREJA Y OJOS MANCHA CAFÉ BLANCO EL TRONCO | 3 | 3 | 0 |

| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|----------------------------------------------|---|---|---|-----------|-----------|------------------------------------------------|---|---|---|
| VERDE(1) | 8/29/2017 | BLANCO OREJAS, TREN POSTERIOR CAFÉ | 3 | 3 | 0 | BLANCO(1) | 8/27/2017 | CAFÉ BLANCO EN TREN POSTERIOR OJOS ROJOS | 3 | 2 | 1 |
| VERDE(2) | 9/3/2017 | BLANCO OJOS ROJOS OREJA IZQUIERDA CAFÉ | 2 | 2 | 0 | BLANCO(2) | 9/4/2017 | BLANCO ENTERA OJOS NEGROS | 2 | 2 | 0 |
| VERDE(3) | 9/8/2017 | CAFÉ CON MANCHAS BLANCAS OJOS ROJOS | 3 | 3 | 0 | BLANCO(3) | 9/4/2017 | CAFÉ Y BLANCO ALREDEDOR DE LA CABEZA | 2 | 1 | 1 |
| VERDE(4) | 9/8/2017 | BLANCA ENTERA OREJA IZQUIERDA CAFÉ | 3 | 3 | 0 | BLANCO(4) | 9/4/2017 | ABDOMEN CAFÉ OJOS NEGROS OREJAS CAFES | 2 | 2 | 0 |
| VERDE(5) | 9/9/2017 | BLANCO OREJA Y CONTORNO DE OJOS CAFES | 4 | 3 | 1 | BLANCO(5) | 9/9/2017 | CAFÉ COMPLETA | 2 | 1 | 1 |
| AMARILLO(1) | 9/1/2017 | OJOS ROJOS CARA BLANCA Y TORAX | 3 | 3 | 0 | TOMATE(1) | 8/28/2017 | BLANCO NARIZ Y FRENTE | 3 | 3 | 0 |
| AMARILLO(2) | 9/6/2017 | CARA BLANCA EN SIGSAG CAFÉ | 3 | 3 | 0 | TOMATE(2) | 8/31/2017 | BLANCO ENTERO | 2 | 2 | 0 |



| | | | | | | | | | | | |
|-------------|-----------|-------------------------------------------------------|----|----|---|-----------|----------|-----------------------------------------------------|----|----|---|
| AMARILLO(3) | 9/8/2017 | NARIZ Y FRENTE BLANCA CONTORNO DE OJOS CAFES | 3 | 3 | 0 | TOMATE(3) | 9/3/2017 | BALNCO CAFÉ OJO DERECHO | 3 | 3 | 0 |
| AMARILLO(4) | 9/12/2017 | CAFÉ ENTERA MANCHA CAFÉ EN LA NARIZ | 4 | 0 | 4 | TOMATE(4) | 9/8/2017 | CAFÉ BLANCO NARIZ Y FRENTE | 4 | 4 | 0 |
| AMARILLO(5) | 9/24/2017 | BLANCA OJOS ROJOS CAFÉ EN LAS OREJAS | 3 | 4 | 0 | TOMATE(5) | 9/8/2017 | BAYO Y BLANCO | 4 | 4 | 0 |
| CELESTE(1) | 9/1/2017 | BLANCA NARIZ, CUELLO Y CABAZA CAFÉ | 4 | 4 | 0 | LILA(1) | 9/1/2017 | CARA BLANCA OJOS ROJOS CAFÉ TRAN POSTERIOR | 4 | 4 | 0 |
| CELESTE(2) | 9/4/2017 | BLANCA OJOS ROJOS MANCHA CAFÉ OJO DERECHO | 3 | 3 | 0 | LILA(2) | 9/2/2017 | BLANCA ENTERA | 3 | 3 | 0 |
| CELESTE(3) | 9/8/2017 | BLANCA ENTERA OJOS ROJOS | 3 | 3 | 0 | LILA(3) | 9/4/2017 | BLANCO ENTERA OJOS NEGROS | 3 | 3 | 0 |
| CELESTE(4) | 9/14/2017 | BLANCA CON CUELLO CAFÉ | 2 | 2 | 0 | LILA(4) | 9/4/2017 | CAFÉ MANCHA BLANCA FRENTE Y NARIZ | 3 | 3 | 0 |
| CELESTE(5) | 9/17/2017 | CAFÉ ENTERA1 | 1 | 1 | 0 | LILA(5) | 9/5/2017 | BLANCA CON MANCHAS | 2 | 2 | 0 |
| TOTAL | | | 82 | 77 | 6 | | | | 73 | 67 | 6 |

Anexo 25: Valoración del número de cobayas preñadas y crías nacidas.

| Estadísticas de grupo | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|----|-------|---------------------|-------------------------|
| Tratamientos | | N | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
| N_crias | Enteros | 25 | 3,440 | 0,6506 | 0,1301 |
| | Extirpados las espículas | 25 | 2,920 | 0,8622 | 0,1724 |
| Vivas | Enteros | 25 | 3,080 | 1,0770 | 0,2154 |
| | Extirpados las espículas | 25 | 2,680 | 0,9883 | 0,1977 |
| Muertas | Enteros | 25 | 0,240 | 0,8307 | 0,1661 |
| | Extirpados las espículas | 25 | 0,240 | 0,5228 | 0,1046 |



Anexo 26: Valoración del número de crías nacidas.

| Estadísticos de prueba^a | | | |
|-------------------------------------------|---------|---------|---------|
| | Crías | Viv | Muer |
| U de Mann-Whitney | 216,500 | 239,500 | 289,000 |
| W de Wilcoxon | 541,500 | 564,500 | 614,000 |
| Z | -2,038 | -1,496 | -0,716 |
| Sig. asintótica (bilateral) | 0,042 | 0,135 | 0,474 |

a. Variable de agrupación: Trat