

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



ESCUELA DE POSGRADO

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR
EN CIENCIAS PARA EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

CON MENCIÓN EN PRODUCCIÓN Y BIENESTAR ANIMAL

**LA RADIACIÓN SOLAR EN EL DESARROLLO
SOMÁTICO, CALIDAD SEMINAL Y FERTILIDAD DE
Cavia porcellus L.**

Autor: M.Cs. Hurley Abel Quispe Ccasa

Asesor: Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca

Registro: (.....)

CHACHAPOYAS - PERÚ

2022

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

UNTRM
REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-H

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS DE MAESTRÍA () / DOCTORADO () EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

1. Datos de autor 1
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): Quispe Cava Hurley Abel
DNI N°: 47603900
Correo electrónico: hurley.quispe@untrm.edu.pe
Nombre de la Maestría () / Doctorado (X): Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable

Datos de autor 2
Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): _____
DNI N°: _____
Correo electrónico: _____
Nombre de la Maestría () / Doctorado (): _____

2. Título de la tesis para obtener el grado académico de Maestro () / Doctor (X)
la radiación solar en el desarrollo somático, calidad seminal y fertilidad de Cavia porcellus L.

3. Datos de asesor 1
Apellidos y nombres: Cava Colca Ilse Silvia
DNI, Pasaporte, C.E N°: 09820878
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) <https://orcid.org/0000-0001-6518-0979>

Datos de asesor 2
Apellidos y nombres: _____
DNI, Pasaporte, C.E N°: _____
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>) _____

4. Campo del conocimiento según Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica- Inmunología)
https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.html
4.00.00- Ciencia animal, Ciencia de productos lácteos

5. Originalidad del Trabajo
Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

6. Autorización de publicación
El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la *Licencia creative commons* de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 15 / setiembre / 2022

[Firma]
Firma del autor 1

[Firma]
Firma del Asesor 1

Firma del autor 2

Firma del Asesor 2

DEDICATORIA

A mis padres: Ignacio Quispe Flores y Ascencia Ccasa Champi, por quienes siento un inmenso amor, respeto y admiración, que no caben en mi pecho.

A mi hermana, Celia Quispe Ccasa, quien siempre fue un modelo a seguir y hasta hoy, su entereza y consejo me motiva a continuar trabajando para ser mejor cada día, al servicio del prójimo.

A mis hermanos René, Yovana, Yaneth, Samuel, Jhosep Benjamin, Diana Elitza, Sintia Pamela, Ronny William y Magaly; y a mis lindos sobrinos Mirella, Amaru, Valeria, Joyce y Antonella, con quienes comparto la vida y en todo momento me siento dichoso de contar con ellos como familia.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza (UNTRM) de Amazonas y a la Escuela de Posgrado de dicha institución, que nos brindó la oportunidad de continuar nuestra profesionalización, a través del Programa de Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable.

Al Proyecto CONCYTEC – Banco Mundial: Doctorado en Áreas Estratégicas y Generales, por el financiamiento de los estudios de posgrado en el marco del “Programa de Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable-FONDECYT-2018-FONDECYT”, a través de su unidad ejecutora ProCIENCIA [Contrato No. 003-2018 FONDECYT/BM].

A CONCYTEC – ProCIENCIA, antes FONDECYT (Fondo Nacional de Desarrollo Científico, Tecnológico y de Innovación Tecnológica), por los recursos brindados en el marco de la convocatoria “Proyectos de Investigación Básica 2019-01” [Número de Contrato 357-2019-FONDECYT].

Al Instituto en Ganadería y Biotecnología (IGBI) de la UNTRM – Amazonas y a cada uno de sus trabajadores, por su predisposición y apoyo para los análisis al brindarme acceso al Laboratorio del Centro de Colecta de Semen, al Laboratorio de Biotecnología Animal, Reproducción y Mejoramiento Genético, y al Laboratorio de Enfermedades Infecciosas y Parasitarias de Animales Domésticos.

A los docentes que impartieron su invaluable conocimiento y experiencia en todos los cursos del Programa de Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable

A mi asesora, Ph.D. Ilse Silvia Cayo Colca, por su valioso apoyo y consejo para la concreción de la presente investigación, así como para el desarrollo profesional.

“Esta investigación o proyecto ha sido financiado por el Proyecto Concytec - Banco Mundial “Mejoramiento y Ampliación de los Servicios del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación Tecnológica” 8682-PE, a través de su unidad ejecutora ProCiencia. [contrato número 03-2018-FONDECYT-BM-PDAEG]”

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO
RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**

Dr. POLICAPIO CHAUCA VALQUI

RECTOR

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN

VICERRECTOR ACADÉMICO

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN

VICERRECTORA DE INVESTIGACIÓN

Dr. RAÚL RABANAL OYARCE

DIRECTOR DE LA ESCUELA DE POSGRADO

VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS

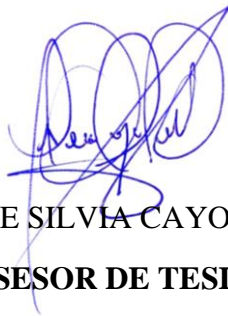
El docente de la UNTRM-A que suscribe, hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

“LA RADIACIÓN SOLAR EN EL DESARROLLO SOMÁTICO, CALIDAD SEMINAL Y FERTILIDAD DE *Cavia porcellus* L.”

Presentado por el alumno del Programa de Doctorado en Ciencias para el Desarrollo Sustentable:

M.Cs. Hurley Abel Quispe Ccasa

El docente de la UNTRM-A que suscribe, da visto bueno al informe final de la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el jurado evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones para continuar con los trámites correspondientes.



Ph.D. ILSE SILVIA CAYO COLCA
ASESOR DE TESIS

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



Dr. CARLOS EDUARDO MILLONES CHANAMÉ
PRÉSIDENTE



Dr. RAÚL RABANAL OYARCE
SECRETARIO



Dr. RAINER MARCO LÓPEZ LAPA
VOCAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



UNTRM

REGLAMENTO GENERAL

PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 6-O

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO () / DOCTOR ()

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

La radiación solar en el Desarrollo sanitario, calidad sexual y fertilidad de Cavia porcellus L.

presentada por el estudiante ()egresado (x) Harley Abel Quiroga Coasa de la Escuela de Posgrado, Maestría () / Doctorado () en Ciencias para el Desarrollo Sustentable

con correo electrónico institucional harley.quiroga@untrm.edu.pe después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- La citada Tesis tiene 16 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 11 de MARZO del 2022


SECRETARIO


VOCAL


PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ÍNDICE GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE LA TESIS	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vii
CONTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	viii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS.....	ix
ÍNDICE	x
ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	17
1.1.1. Producción de cobayos en Perú	17
1.1.2. El cobayo	18
1.1.3. Reproducción del cobayo.....	20
1.1.4. Radiación solar	23
1.1.5. Fotoperiodo y fisiología reproductiva.....	24
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	26
2.1. Ubicación del estudio.....	26
2.2. Diseño experimental.....	26
2.3. Animales y vivienda.....	27
2.4. Exposición Lumínica (EL).....	29
2.5. Cuidado y desarrollo somático.....	30
2.6. Rendimiento productivo y carne	32
2.7. Análisis espermático	33
2.7.1. Concentración y motilidad.....	33
2.7.2. Vitalidad.....	35
2.7.3. Funcionalidad de membrana.....	35

2.7.4.	Integridad acrosomal.....	36
2.7.5.	Morfología	37
2.7.6.	Fragmentación de ADN	39
2.8.	Fertilidad	41
2.9.	Análisis de datos	41
III.	RESULTADOS	43
3.1.	Temperatura ambiental e Índice temperatura-humedad (THI)	43
3.2.	Desarrollo somático	44
3.3.	Calidad espermática	49
3.4.	Relación: Desarrollo Somático, Calidad Espermática y Fertilidad.....	59
3.4.1.	Fertilidad.....	59
3.4.2.	Calidad espermática y fertilidad	60
3.4.3.	Desarrollo somático y fertilidad	61
3.4.4.	Desarrollo somático y calidad espermática	63
3.4.5.	Agrupación de variables	64
IV.	DISCUSIÓN	66
4.1.	Desarrollo y rendimiento productivo	66
4.2.	Parámetros de la carne	69
4.3.	Calidad espermática y fertilidad.....	71
4.4.	Morfología espermática	75
4.5.	Fertilidad	77
4.6.	Análisis multivariado	78
4.7.	Propuesta de sustentabilidad para la crianza de cobayos	78
4.7.1.	Provincia de Chachapoyas	78
4.7.2.	Línea base en la crianza de cobayos	79
4.7.3.	Propuestas de sustentabilidad	80
V.	CONCLUSIONES.....	85
VI.	RECOMENDACIONES.....	87
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA.....	88
	ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rendimiento productivo y quintos cuartos de cobayos sometidos a estimulación lumínica (N=15).....	47
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de la carne de cobayos sometidos a estimulación lumínica	48
Tabla 3. Parámetros espermáticos de cobayos (107 ± 9,8 días de edad) sometidos a diferente exposición lumínica	50
Tabla 4. Coeficientes de Pearson entre pesos, concentración y motilidad de espermatozoides cobayos.....	51
Tabla 5. Coeficientes de Pearson de parámetros cinéticos de espermatozoides cobayos	53
Tabla 6. Coeficientes de Pearson de parámetros de calidad de espermatozoides cobayos	55
Tabla 7. Parámetros morfométricos de espermatozoides cobayos bajo diferente exposición lumínica	56
Tabla 8. Clasificación porcentual de morfología espermática de cobayos según estado acrosomal, bajo diferente exposición lumínica.....	57
Tabla 9. Parámetros morfométricos de espermatozoides cobayos según clasificación morfológica.....	57
Tabla 10. Coeficientes de Pearson de morfología espermática de cobayos y anomalías del núcleo.....	58
Tabla 11. Variables de fertilidad de cobayos bajo diferente exposición lumínica	59
Tabla 12. Coeficientes de Pearson entre variables de calidad espermática y fertilidad de cobayos sometidos	60
Tabla 13. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático de cobayos macho y fertilidad	61
Tabla 14. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático de cobayos hembra y fertilidad.....	62
Tabla 15. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático y calidad espermática de cobayos	63
Tabla 16. Varianza total explicada para crecimiento corporal de cobayos.....	64
Tabla 17. Varianza total explicada para productividad y peso de órganos de cobayos..	64
Tabla 18. Varianza total explicada para calidad espermática de cobayos	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Módulo de crianza de cobayos e instalación de jaulas.	26
Figura 2. Flujograma de la fase experimental del estudio.	27
Figura 3. Desarrollo y empare de cobayos para la generación F1.	28
Figura 4. Asignación aleatoria de gazapos en parejas (1 U.E).	29
Figura 5. Compartimientos con tratamientos de exposición lumínica.	30
Figura 6. Régimen de alimentación y agua de bebida por bebederos de chupón.	31
Figura 7. Medición de peso vivo semanal y consumo de alimento diario.	31
Figura 8. Evaluación del rendimiento productivo y parámetros de la carne.	33
Figura 9. Extracción de espermatozoides de cobayo en medio Tris base.	34
Figura 10. Análisis de concentración y motilidad espermática en SCA® CASA.	34
Figura 11. Vitalidad espermática de cobayos mediante prueba eosina-nigrosina.	35
Figura 12. Patrones de enrollamiento de cola de espermatozoides cobayos por prueba hiposmótica (HOST).	36
Figura 13. Tinción Coomassie Blue 0,22 % para evaluar la integridad acrosomal.	37
Figura 14. Patrones de tinción Coomassie Blue 0,22 % en espermatozoides de cobayos.	37
Figura 15. Tinción de diferenciación celular Hemacolor® para morfología espermática.	38
Figura 16. Patrones de clasificación morfológica de espermatozoides cobayos.	39
Figura 17. Formas atípicas en espermatozoides de cobayos.	39
Figura 18. Tinción Diff-Quick® + Wright para la evaluación de fragmentación de ADN espermático.	40
Figura 19. Patrones de clasificación de fragmentación de ADN de espermatozoides cobayos.	40
Figura 20. a-c. Temperatura ambiental e índice de temperatura-humedad (THI) de octubre a diciembre de 2020, en tres compartimientos bajo diferente exposición lumínica.	43
Figura 21. A-H. Rendimiento productivo de cobayos sometidos a estimulación lumínica. (*) Indica diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ entre estimulación lumínica (EL). (•) Indica diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ para interacción EL*Sexo.	45
Figura 22. Correlación de Pearson entre parámetros de la carne de cobayos.	48
Figura 23. A-F. Diagrama de caja para pesos, concentración y motilidad de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica.	51
Figura 24. A-H. Diagrama de caja para los parámetros cinéticos de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica.	52
Figura 25. A-F. Diagrama de cajas para características de calidad espermática de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica.	54

RESUMEN

La radiación solar genera el ciclo día-noche mediante la luz visible, generando un efecto llamado fotoperiodo. La comprensión de esta interacción ambiente-animal puede contribuir a plantear sistemas productivos más sustentables. Esta investigación se propuso evaluar el efecto de la exposición lumínica sobre el desarrollo somático, calidad seminal y fertilidad de cobayos. Instalamos tres compartimientos independientes para proveer: un fotoperiodo artificial con luz LED 10L/14D (EL1), un fotoperiodo con luz solar 10L/14D (EL2) y uno sin exposición lumínica directa (EL0). Treinta cobayos fueron aleatoriamente sometidos a los tratamientos de exposición hasta los $107 \pm 9,8$ días de edad. Evaluamos pesos semanales, perímetro torácico, consumo de alimento, temperatura y humedad ambiental, peso de órganos, parámetros de la carne, calidad espermática y fertilidad. Encontramos efecto de EL en la circunferencia torácica de hembras, siendo mayor en EL1 que EL0 y EL2 ($p < 0,05$). Aunque hubo mayor proporción de hígado, corazón y testículos y menores indicadores de color en la carne en machos EL2 que en EL0 y EL1 ($p < 0,05$; $p < 0,01$), este grupo tuvo los más bajos valores de espermiograma y no hubo preñeces. Los valores de espermiograma fueron más altos en EL0 y EL1, pero los empadres fértiles y nacimientos se adelantaron hasta 23 días en EL1 respecto a EL0 ($p < 0,01$). De estos hallazgos se desprenden propuestas para la implementación de las instalaciones, manejo reproductivo, alimentación y sanidad, que en suma contribuirán a mejorar la retribución económica de la crianza, calidad de vida del criador y optimizar el uso de recursos locales y residuos.

Palabras clave: Fotoperiodo, luz solar, cobayo, THI, rendimiento, espermiograma, parámetros de la carne, crecimiento, fertilidad, desarrollo sustentable.

ABSTRACT

Solar radiation generates the day-night cycle through visible light, generating an effect called photoperiod. Understanding this environment-animal interaction can contribute to proposing more sustainable systems. This research aimed to evaluate the effect of light exposure on somatic development, seminal quality and fertility of guinea pigs. We installed three independent rooms to provide: an artificial photoperiod with 10L/14D LED light (EL1), a photoperiod with sunlight 10L/14D (EL2) and one without direct light exposure (EL0). Thirty guinea pigs were randomly subjected to exposure treatments until $107 \pm 9,8$ days of age. We evaluated weekly weights, thoracic perimeter, food consumption, environmental temperature and humidity, viscera weight, meat parameters, sperm quality and fertility. We found an effect of EL on the thoracic circumference of females, where EL1 was greater than EL0 and EL2 ($p < 0,05$). Although there was a higher proportion of liver, heart and testicles, and lower meta color indicators in EL2 males than in EL0 and EL1 ($p < 0,05$; $p < 0,01$), this group had the lowest spermiogram values and there were no pregnancies. The spermiogram values were higher in EL0 and EL1, but the fertile matings and births were earlier up to 23 days in EL1 compared to EL0 ($p < 0,01$). These findings give rise to proposals for the implementation of guinea pigs housing, reproductive management, feeding and health, which in sum will contribute to improving the economic retribution of breeding, quality of life of farmers and optimizing the use of local resources and manure.

Keywords: Photoperiod, sunlight, guinea pig, THI, spermiogram, meat quality, growth, fertility, relationship, sustainable development.

I. INTRODUCCIÓN

La crianza de cobayos en Perú actualmente se encuentra en un proceso de intensificación, y con ello el incremento de la necesidad de incorporar insumos externos (inputs) como: alimentos concentrados, promotores de crecimiento, suplementación con vitaminas y minerales, medicamentos, desinfectantes, entre otros. Esta crianza generalmente se realiza en confinamiento y con privación de algún estímulo lumínico. Sin embargo, estas condiciones ambientales en la crianza, como fotoperiodo, temperatura, radiación, entre otros, podrían influir de modo variable en cada especie, de acuerdo a su fisiología, determinando su estado de salud y productividad.

La sustentabilidad de las actividades productivas se basa en la capacidad de utilizar los recursos locales y reducir la introducción de recursos externos. Si bien, los recursos externos son útiles para mejorar la productividad, también incrementan los costos, generan residuos contaminantes y mayormente no son accesibles para los pequeños productores. La crianza del cuy doméstico o cobayo (*Cavia porcellus* Linnaeus, 1758, según en nombre específico dado por Carlos Linneo) es una interesante oportunidad, de gran potencial, para convertirse en una actividad productiva sustentable, pero no es ajena a la problemática de la producción animal. Esta actividad productiva tiene gran importancia socioeconómica en varios países sudamericanos como Perú, Bolivia, Ecuador y algunas regiones de Colombia. Para las familias de las zonas rurales, el cobayo es un valioso recurso porque constituye una fuente proteica de origen animal de alto valor biológico para el consumo doméstico (Sánchez-Macías et al., 2018), una fuente de seguridad alimentaria y rápido retorno económico.

Respecto a la radiación solar, es un factor ambiental que se compone de luz visible, radiación infrarroja y radiación ultravioleta. En la literatura, existe evidencia de la sensibilidad del cobayo a factores ambientales como el fotoperiodo (luz del día), el cual es capaz de influir en el desarrollo y la fertilidad; o a la radiación UV, que promueve la síntesis cutánea de vitamina D en muchas especies de mamíferos. Sin embargo, el impacto de la radiación solar en los animales es controversial, puesto que tiene efectos positivos y negativos, y deben ser entendidos objetivamente para poder ser aprovechados. El fotoperiodo es un factor que se restringe tradicionalmente en la crianza de cobayos, en granjas familiares y comerciales, ya que se lleva a cabo en espacios confinados y sin incidencia de radiación solar u otra fuente de este estímulo. Por ello, la intensificación de los sistemas productivos y la búsqueda de su sustentabilidad nos plantean nuevos

desafíos, para buscar alternativas adecuadas. El entendimiento de la interacción entre los animales y su medio ambiente, puede darnos luces para el aprovechamiento de este recurso que forma parte de la radiación solar, y a su vez para la mitigación de sus efectos adversos. Es por ello que, este trabajo de investigación tuvo como objetivo general evaluar la influencia del estímulo lumínico de la radiación solar en el desarrollo somático, calidad seminal y fertilidad de *Cavia porcellus* L. Para lo cual se plantearon como objetivos específicos:

- i. Comparar el crecimiento y desarrollo somático de cobayos machos y hembras de la raza Perú, sometidos a exposición lumínica de radiación solar durante la etapa post destete.
- ii. Analizar las características espermáticas de cobayos de la raza Perú, sometidos a exposición lumínica de radiación solar durante la etapa post destete.
- iii. Determinar la relación entre el crecimiento, desarrollo somático y características espermáticas con la fertilidad de cobayos de la raza Perú, sometidos a exposición lumínica de radiación solar durante la etapa post destete.
- iv. Elaborar una propuesta para mejorar la sustentabilidad de la crianza de cobayos en la provincia de Chachapoyas.

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Producción de cobayos en Perú

El cobayo (*Cavia porcellus* L.) es un mamífero roedor originario de los andes de Perú, Ecuador, Bolivia y Colombia (Chauca, 1997; Solorzano, 2014). En varios países de Sudamérica, se ha observado un creciente interés por la crianza de esta especie, ya que es una fuente de proteína animal de alta calidad para el consumo doméstico, contribuyendo a la seguridad alimentaria en poblaciones rurales de escasos recursos (Sánchez-Macías et al., 2018).

Perú y Ecuador son los principales productores de cobayos a nivel mundial, y para el año 2017, la población de cobayos en Perú ascendió a 17,4 millones de ejemplares según la Encuesta Nacional Agropecuaria del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017). Un importante destino de la producción nacional es la exportación hacia Estados Unidos (99,9 %) y el 0,1 % conformado por Japón, Canadá, Corea del Sur, Italia y Aruba (Andina, 2019). A nivel nacional, el Servicio Nacional de Sanidad Agraria,

reporta como principal productor de cobayos a la región Cajamarca con 2,4 millones, seguido de Cusco, Áncash, Apurímac, Junín, Lima, La Libertad, Ayacucho, Arequipa y Lambayeque (SENASA, 2019). Para el año 2020, el Ministerio de Agricultura y Riego estimó el consumo de carne de cobayo a nivel nacional en 400 gramos por habitante al año (AGRORURAL, 2020).

En vista de la alta valoración de la carne de cobayo, por su contenido proteínico (20,3 %), bajo contenido de grasa (7,8 %) y preferencia por el consumidor, además de ser fuente de trabajo y promover la independencia económica de poblaciones vulnerables, las instituciones públicas y privadas han promovido la crianza de cobayos en sus planes de desarrollo (Chauca, 1997). En este contexto, en el territorio se observa mayor proliferación de galpones de cobayos para la crianza familiar y familiar-comercial.

1.1.2. El cobayo

El cobayo o cuy (*Cavia porcellus* L.) es un mamífero roedor histricomorfo de la familia Caviidae. Los adultos tienen un tamaño variable de 20 a 30 cm de longitud y un manto cubierto de un pelaje de diferentes colores. Posee una cabeza pequeña, así como orejas erguidas o caídas, ojos medianos y vivaces, hocico corto con una cavidad bucal en la que resaltan los dientes incisivos para roer. Tiene cuatro patas cortas y carece de cola, las extremidades anteriores terminan en cuatro dedos y las extremidades posteriores en tres dedos. Sin embargo, algunas características como: color de manto, disposición de folículos pilosos, conformación corporal, entre otros, varían según las clasificaciones.

La clasificación fenotípica básica en cobayos es como criollos y mejorados. Los cobayos criollos corresponden al fenotipo nativo de los países de origen. El cobayo criollo es de tamaño pequeño y de hábitos rústicos, ya que está adaptado a condiciones ambientales agrestes y tiene poca exigencia en cuanto a su alimentación (Aliaga et al., 2009). Estos cobayos tienen una conformación corporal de Tipo B, la cual corresponde a un cuerpo anguloso con una cabeza cónica y alargada, temperamento nervioso, orejas erectas y una coloración de pelaje diverso (desde pelajes simples y enteros hasta compuestos, overos y moteados) (Guerra, 2009). Estos animales predominan en crianzas familiares de las zonas rurales, pero logran bajos rendimientos productivos y reproductivos (camadas de 1 a 3 crías y llegan a pesar 458,9 g a las 13 semanas de edad) (Chauca, 1997). Por otro lado, el cobayo mejorado, gracias a un proceso de selección, ha logrado incrementar su precocidad de crecimiento, ganancia de peso y reproducción. Los cobayos mejorados

fueron seleccionados para la producción de carne, por lo que tienen una conformación corporal de Tipo A, que corresponde a un cuerpo rectangular, mayor profundidad y desarrollo muscular que cobayos de Tipo B (2,3 a 3,2 crías por parto y pueden llegar a 1091,3 g a las 13 semanas) (Chauca, 1997). Además, los cobayos mejorados tienen ojos negros, hocico corto, orejas caídas, temperamento tranquilo y predominan coloraciones de pelaje entre blanco, alazán o bayo (puros o combinados) (Gregoire, 2010). Como parte de proceso de mejoramiento genético de los cobayos, se han desarrollado líneas especializadas en la producción de carne o habilidad materna; sin embargo, actualmente los cobayos del fenotipo Perú, Andino e Inti, ya son reconocidos como razas por el Instituto Nacional de Innovación Agraria. Según Pérez (2014), los cobayos de la raza Perú son precoces en crecimiento, logran buena conformación muscular y generalmente tienen un pelaje de color alazán combinado con blanco. La raza Andina corresponde a cobayos caracterizados por su habilidad materna y prolificidad, logrando hasta 6 crías por parto, y tienen el pelaje de color blanco. La raza Inti son cobayos de color de pelaje bayo puro o combinado con blanco, y son de rápido crecimiento y buena prolificidad.

Otro modo de clasificación corresponde a la disposición de folículos pilosos y tipo de pelaje, ya que la coloración es muy diversa en todas las categorías. Los cobayos del Tipo 1 poseen un pelaje lacio, corto y pegado al cuerpo, y generalmente son usados en las granjas productoras de carne (Ataucusi, 2015). El tipo 2 también corresponde a un cobayo con el pelaje lacio y corto, pero formando rosetas en todo el cuerpo. Estos animales tienen buenas aptitudes para la producción de carne, pero son menos precoces que los del Tipo 1 (Chauca, 1997). Los cobayos del Tipo 3 poseen un pelaje lacio y largo, que puede superar fácilmente los 10 cm de longitud). Son animales con baja producción cárnica, pero son preferidos como mascotas debido a sus características estéticas (Gregoire, 2010). Finalmente, El Tipo 4 corresponde a cobayos con el pelaje crespo y erizado, las crías poseen un pelaje crespo que va erizándose con la edad. Debido a su conformación corporal redondeada podrían ser buenos productores de carne, además de la infiltración grasa en el musculo que le brinda un sabor particular a su carne (Chauca, 1997).

La clasificación según el color de ojos o el número de dedos están generalmente asociados a defectos genéticos. Los ojos rojos podrían estar relacionados al albinismo y cobayos del Tipo B, y en todo caso no son deseables en los sistemas productivos. Por otro lado, la polidactilia es un defecto asociado a la alta consanguinidad; sin embargo, aún prevalece la creencia popular que asocia este defecto a la mayor prolificidad. Esta afirmación es

contraria a la característica específica de *Cavia porcellus* L., de 4 dedos en las extremidades anteriores y 3 en las extremidades posteriores.

1.1.3. Reproducción del cobayo

El cobayo es una especie de reproducción anual no estacional, de alta precocidad y prolificidad. Existen reportes sobre el inicio de la vida reproductiva desde los 25 a 60 días de edad, donde las hembras presentan ciclos estrales cada 16 días (en un rango de 15 a 17 días) y los machos una producción continua de espermatozoides (Chauca, 1997; Solorzano, 2014).

Las hembras son capaces de presentar celo fértil después de 2 a 3 horas del parto, el cual es utilizado en los sistemas de empadre continuo. El proestro tiene una duración aproximada de 1 – 1,5 días y se caracteriza por la congestión de los genitales y secreción cerosa en la mucosa vaginal. El estro o celo se caracteriza por la actitud receptiva de la hembra al macho, y adopción de la postura para la monta, tiene una duración de 8 a 24 horas y en el posparto (2 a 3 horas después) una media de duración de 3,5 horas. En cada ciclo se da la ovulación de una media de 3,14 óvulos. El metaestro dura 1 – 1,5 días, es el cese del celo y la hembra rechaza al macho, y el útero se prepara para la implantación si hubo una fertilización exitosa. Finalmente, el diestro es la etapa más duradera del ciclo (13 - 15 días), ya que el cuerpo lúteo ha crecido y debe regresionar para iniciar nuevamente un ciclo (Noonan, 1994; Aranibar y Echevarría, 2014).

En los machos, el aparato reproductor está conformado por testículos, conductos deferentes, vesículas seminales, glándulas bulbouretrales, próstata, pene y prepucio. Todos estos órganos están encargados de elaborar semen para transportar a los espermatozoides hasta el aparato reproductor femenino. Los testículos están dispuestos intra-abdominalmente cerca de la vejiga, dentro de bolsas inguinales y carecen de escroto (Harkness et al., 2002). En los túbulos seminíferos de los testículos se produce la espermatogénesis o producción de espermatozoides, así como testosterona y los recursos que se requieren para su desarrollo. Posteriormente, los espermatozoides son transportados al epidídimo, el cual sirve para su transporte, maduración y concentración en la porción caudal o cola del epidídimo, región en la que los espermatozoides ya son fértiles (Schimming et al., 2012; Fernández et al., 2006). Las glándulas vesiculares, glándulas accesorias y próstata proveen secreciones para conformar el semen. Durante la eyaculación, los espermatozoides transitan desde la cola del epidídimo, a través de los

conductos deferentes, hacia el canal eyaculador de la uretra prostática, donde se combinan con las secreciones de las glándulas accesorias para conformar el semen y ser depositados, mediante el pene, en la vagina de la hembra durante la cópula. Las vesículas seminales son de relativamente gran tamaño y segregan una sustancia viscosa y de rápida coagulación, la cual podría tener la función de tapón, evitando la salida del semen luego de la cópula, o de fertilidad al contener prostaglandinas (Zúñiga y Quisiyupanqui, 1995; Alba, 1990)

1.1.3.1. Calidad seminal

El semen está conformado por el líquido seminal y los espermatozoides. El líquido seminal está conformado por las secreciones de la próstata (contiene fosfatasas ácidas, prótidos, lípidos y hexosas) (Aliaga et al., 2009), de las glándulas bulbouretrales y vesículas seminales; las cuales brindarán un medio adecuado para los espermatozoides hasta la fertilización. Por otro lado, los espermatozoides del cobayo están conformados por cabeza y cola. La cabeza es ancha, simétrica y discoidal, está conformada por el acrosoma y el núcleo; donde el acrosoma cubre aproximadamente el 50% del tamaño de la cabeza y el núcleo es redondeado y ligeramente plano en la base. La cola está estructurada por cuatro regiones: el cuello que es la conexión entre la cabeza y el resto de la cola, la pieza intermedia conformada por la vaina mitocondrial, la pieza principal conformada por la vaina fibrosa, y la pieza terminal que posee el filamento axial (Fawcett, 1963; Gallardo et al., 2002).

La calidad seminal depende de muchos factores como: edad, estado nutricional, estación del año, temperatura ambiental, presencia de enfermedades e inclusive el tiempo de abstinencia. Por ello, en las evaluaciones rutinarias se evalúan parámetros macroscópicos y microscópicos. Los parámetros macroscópicos se consideran el volumen, color, viscosidad, pH, entre otros, y pueden ser medidos visualmente directamente en el eyaculado con ayuda de instrumentos. Respecto a los parámetros microscópicos, generalmente requieren de equipos sofisticados para su valoración más objetiva, ya que estos parámetros determinarán la capacidad fértil de los machos. La concentración espermática es una de las más importantes y expresa la cantidad de espermatozoides por mililitro de semen. Varía según el método de extracción de semen, ya que Pinduisaca (2018), Freud (1969) y Cabeza et al. (2021) obtuvieron de 11,02, 41,78 y 17,62 millones/mL, respectivamente por electroeyaculación, y Yucra (2013) y Mise (2014) reportaron 823,30 y 256,60 millones/mL por colección *post mortem* (espermatozoides

epididimarios). Esta determinación también puede variar de acuerdo a los métodos empleados como cámara de Neubauer o hemocitómetro, cámara Makler, o los sistemas CASA (Análisis Seminal Asistido por Computadora). La motilidad es otro parámetro inicial, ya que espermatozoides inmóviles difícilmente podrían ser fértiles. Según Sumar et al. (1968), en el caso del cobayo, su característica de movimiento espermático es curvilíneo e irregular, donde generalmente varios espermatozoides están unidos por la cabeza, conformando una característica llamada rouleaux. Aragón (2019) y Cabeza et al. (2021) reportaron 72,15% y 69,40% de motilidad total por electroeyaculación, y Tapia y Tello (2016), Mise (2014), y Yucra (2013) encontraron 46 %, 73 % y 26,61 % en espermatozoides epididimarios. La motilidad total se descompone en motilidad progresiva y motilidad no progresiva; además, los sistemas CASA son capaces de brindar otros parámetros cinéticos como velocidad curvilínea, velocidad rectilínea, velocidad línea, entre otros, gracias al análisis de capturas consecutivas de campos en el software.

Otros análisis han contribuido a una mayor comprensión de la fisiología espermática utilizando nuevas técnicas y es posible conocer otros parámetros. Por ejemplo, la vitalidad espermática es el porcentaje de espermatozoides vivos respecto a un número total, y está relacionada a la motilidad. Según Muiño (2008), se fundamenta en el análisis de la integridad de la membrana espermática donde se emplean tinciones que son capaces de atravesar la membrana de células dañadas (eosina, yoduro de propidio) o por el contrario atravesar la membrana de células vivas o viables (naranja de acridina, diacetato de fluoresceína). Luego, por un conteo manual o citometría de flujo se puede obtener la proporción de cada categoría. Tapia y Tello (2016), Mise (2014), Yucra (2013) con fluorocromos, Aragón (2019) y Cabeza et al., (2021) con eosina-nigrosina, reportaron tasas de vitalidad de 35,9 %, 93 %, 58,28 %, 74,8 %, y 72,65 %, respectivamente. La integridad funcional de la membrana también ha sido de interés para el estudio de la capacidad fecundante, ya que interviene en el proceso de fenestración e inducción de la reacción acrosomal. El test hipoosmótico, planteado por Jeyendran et al. (1984), es útil para determinar la capacidad de regulación osmótica de espermatozoides sometidos a un medio hipoosmótico (varía de 50 a 150 mOsm/L según la especie), indicando una adecuada permeabilidad, y que se manifiesta con hinchazón y enrollamiento de la cola en variable intensidad. Existen escasos estudios de funcionalidad de membrana espermatozoides de cobayo, Tapia y Tello (2016) obtuvieron 18% en espermatozoides epididimarios y Aragón (2019) un rango entre 86,97 a 99,59 % de reacción de endosmosis

en espermatozoides obtenidos por electroeyaculación. La evaluación del estado acrosomal en espermatozoides cobayos se ha estudiado recientemente, y es que, dada la importancia de esta estructura y su volumen, probablemente juegan un papel más relevante. Se emplean fluorocromos o tinciones aniónicas (afinidad por componentes proteínicos del acrosoma) y se cuantifica el porcentaje de integridad acrosomal. Aragón (2019) reportó una integridad acrosomal de 90,24 % a 99,51 % utilizando una tinción Coomassie Blue 0,22 % en espermatozoides obtenidos por electroeyaculación.

La fragmentación del ADN espermático es un fenómeno descrito como quiebres en la cadena de ADN y en una tasa mayor al 30% está asociado a problemas de infertilidad en macho, fallas en la implantación, desarrollo embrionario anómalo y aborto en fases avanzadas de la gestación (Silva y Gadella, 2006). Este fenómeno puede deberse a factores ambientales, estrés térmico, fallas en la espermatogénesis o enfermedades subyacentes. Por ello, se han desarrollado diferentes métodos de diagnóstico con la finalidad de comprender su origen y plantear soluciones; entre ellos: ensayo cometa, prueba de dispersión de cromatina espermática (SCD), tinción naranja de acridina, tinción catiónica azul de toluidina, entre otros. La morfología espermática también es capaz de predecir la capacidad fecundante de un macho reproductor y las anomalías determinar su infertilidad (Maroto-Morales et al., 2009; Yániz et al., 2014). La forma de la cabeza del espermatozoide también es objeto de estudio, Kim et al. (2001) clasificaron los espermatozoides morfológicamente de acuerdo al estado de exocitosis del acrosoma, y Cabeza et al. (2021) determinaron las dimensiones de la cabeza y cola de espermatozoides cobayos, utilizando una tinción Spermac® y un software de medición manual Motic®.

1.1.4. Radiación solar

La radiación solar es la energía emitida por el sol en forma de ondas electromagnéticas, en una diversidad de longitudes. Del total de radiación incidente en la superficie terrestre, el 50% corresponde a radiación infrarroja (RIR mayor a 800 nm de longitud de onda y produce calor al ser absorbida), 40 % es luz visible (entre 400 y 800 nm, es importante para la visión y otros efectos fotobiológicos que esto involucra), y 10 % es radiación ultravioleta (RUV con longitud de onda menor a 400 nm, participa en muchas reacciones fotoquímicas y efectos fotobiológicos beneficiosos y perjudiciales). Existe evidencia que atribuye, a cada componente de la radiación solar, un rol en la activación de numerosas respuestas biológicas en muchas especies, tales como ritmos circadianos, biosíntesis de

vitamina D, acción sobre la psique, fotoperiodo, entre otros (Valdivia, 2002; Smith, 2014).

La RIR porta menor energía, que es capaz de generar vibración en las moléculas y, por consiguiente, incremento de la temperatura. El dióxido de carbono y las moléculas de vapor de agua atmosférico absorben intensamente la radiación infrarroja, originando el efecto invernadero. El mayor porcentaje de esta radiación es absorbida por la capa de ozono, aunque la nubosidad de tipo cúmulos también pueden atenuarla, estas pueden actuar como espejos e intensificar la radiación ultravioleta. En tanto, la RUV porta alta energía, por lo que es capaz de interferir con los enlaces moleculares, pudiendo alterar moléculas como el ADN. En tanto, la porción de radiación UV-B (280 a 315 nm) es responsable de la mayoría de efectos biológicos beneficiosos de la radiación solar (síntesis de vitamina D) y perjudiciales (quemaduras solares, envejecimiento prematuro, fotoqueratitis y cáncer a la piel) (Mendoza y Ronco, 2016).

1.1.5. Fotoperiodo y fisiología reproductiva

El fotoperiodo es la fracción del día en la que un organismo vivo está expuesto a la luz, esta variación de la presencia de luz en el ambiente causa importantes efectos en los animales. En muchas especies, el fotoperiodo regula procesos fisiológicos claves incluyendo la reproducción, especialmente en especies de reproducción estacional, la cual es regulada por un ritmo hormonal endógeno (Correa y Fernández, 2017; Zarazaga et al., 2010). En mamíferos, esta regulación podría involucrar la actividad de la melatonina secretada por la glándula pineal únicamente durante la noche (Chemineau, 1993). La concentración de melatonina está relacionada a la intensidad y longitud de onda de la luz incidente en la retina (alta en la noche y baja en el día) (Lincoln, 1992). El fotoperiodo sincroniza una señalización neuroendocrina que se traduce en la secreción circadiana de melatonina, desencadenando cambios desde el nivel molecular hasta el conductual (Prendergast et al., 2002; Correa y Fernández, 2017).

Los receptores de melatonina se encuentran en muchas estructuras y órganos como el Sistema Nervioso Central, hipófisis, células de la granulosa de folículos preovulatorios, espermatozoides, etc. Uno de sus efectos se manifiesta en la marcada estacionalidad reproductiva de algunas especies que se encuentran en regiones con latitudes más alejadas de la línea ecuatorial. Se ha reportado un incremento de la concentración de testosterona en plasma sanguíneo, producción seminal y concentración espermática en machos

caprinos sometidos a 16 horas de luz artificial (de 06:00 a 22:00 horas), respecto a machos en fotoperiodo natural (Zarazaga et al., 2010). Similar efecto ocurre en carneros, observándose un incremento de los niveles de testosterona y diámetro testicular en otoño (días cortos y noches largas) respecto a primavera (días largos y noches cortas) (Santiago-Moreno et al., 2005). Entonces, los días cortos estimulan la actividad reproductiva por una mayor secreción de melatonina en noches largas, y días largos la inhiben por la menor secreción en noches cortas; siempre y cuando se considere el fotoperiodo previo al que los animales están acostumbrados. En ovinos hembra, el fotoperiodo también regula la estacionalidad reproductiva por la variación estacional de la sensibilidad hipotalámica a la retroacción negativa del estradiol, alta durante el anestro y baja en la época reproductiva (Forcada et al., 2000). En las regiones más alejadas de la línea ecuatorial, generalmente las especies limitan el nacimiento y cría de jóvenes a la temporada menos agreste y con mayor disponibilidad de alimento; para ello, el fotoperiodo constituye una valiosa señal de mejores condiciones ambientales y se valen, por ejemplo, de la interrupción de la ovulación y del estro.

Sin embargo, en especies de reproducción no estacional, se ha demostrado cierta sensibilidad al fotoperiodo. Por ejemplo, cobayos macho lograron mayor peso corporal y mayor concentración de testosterona en un fotoperiodo artificial de 16 horas de luz y 8 horas de oscuridad (fotoperiodo largo), a 25°C, respecto a un fotoperiodo corto de 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad, a 15°C, evidenciando mayor precocidad en la llegada de la madurez sexual de machos, representada por picos tempranos de concentraciones de testosterona en la sangre en *Cavia aperea f. porcellus* (Bauer et al., 2008) y *Cavia aperea* (Guenther et al., 2014). De igual forma, en cobayos silvestres (*Cavia aperea*), el fotoperiodo puede cumplir un papel importante en el inicio de la reproducción de hembras, constituyendo una importante señal de condiciones medioambientales más favorables (Trillmich et al., 2009).

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del estudio

El estudio se desarrolló de septiembre a diciembre del 2020, en la época correspondiente a la estación de primavera en el hemisferio sur. La zona está ubicada en el distrito de Chachapoyas, provincia de Chachapoyas, región Amazonas; a una altitud de 2 339 msnm, entre las coordenadas 6°14'03'' latitud sur y 77°51'07'' longitud oeste. Cuenta con clima templado a frío, temperatura media anual de 15 °C y 1 578 mm de precipitación pluvial como promedio anual (Estación Meteorológica, 2016). En el área se instaló un módulo de crianza de cobayos (Figura 1), con dimensiones 6,0 x 4,5 x 2,5 metros de altura, paredes de fibrocemento, techo de calaminas de polipropileno (Fibraforte®) y sistema de ventilación pasiva mediante apertura de cortinas en los laterales superiores del local; en un área colindante a la sede de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM - Amazonas). Los análisis se llevaron a cabo en el Laboratorio de Enfermedades Infecciosas y Parasitarias de Animales Domésticos, Laboratorio del Centro de Colecta de Semen, y Laboratorio de Biotecnología Animal, Reproducción y Mejoramiento Genético del Instituto en Ganadería y Biotecnología (IGBI) de la UNTRM - Amazonas (Amazonas, Perú).



Figura 1. Módulo de crianza de cobayos e instalación de jaulas. Vista desde el exterior (a), vista desde el interior (b).

2.2. Diseño experimental

El experimento se desarrolló bajo un diseño de bloques completos al azar con un enfoque longitudinal, donde se evaluaron tres niveles o tratamientos de exposición lumínica (EL) en parcelas divididas, con cinco unidades experimentales o réplicas cada uno (1 U.E = 2

cobayos), conformando 15 U.E en total (30 cobayos). Se realizó un pesaje inicial antes de la asignación de tratamientos para verificar la homogeneidad de los grupos. Las U.E fueron cobayos de la generación F1, producto del cruzamiento de cuatro machos emparentados, con tres hembras cada uno, donde el efecto del padre representó el bloque del diseño. Los cruzamientos de los padres y lactaciones de los gazapos F1 se llevaron a cabo en condiciones de iluminación y fotoperiodo homogéneas de 12 horas de luz (Light) y 12 horas de oscuridad (Dark) (12L/12D). Los gazapos fueron destetados a los 21 días y asignados aleatoriamente a los tratamientos de EL, para evaluar las variables de desarrollo somático, calidad seminal y fertilidad a los $107 \pm 9,8$ días de edad (Figura 2).

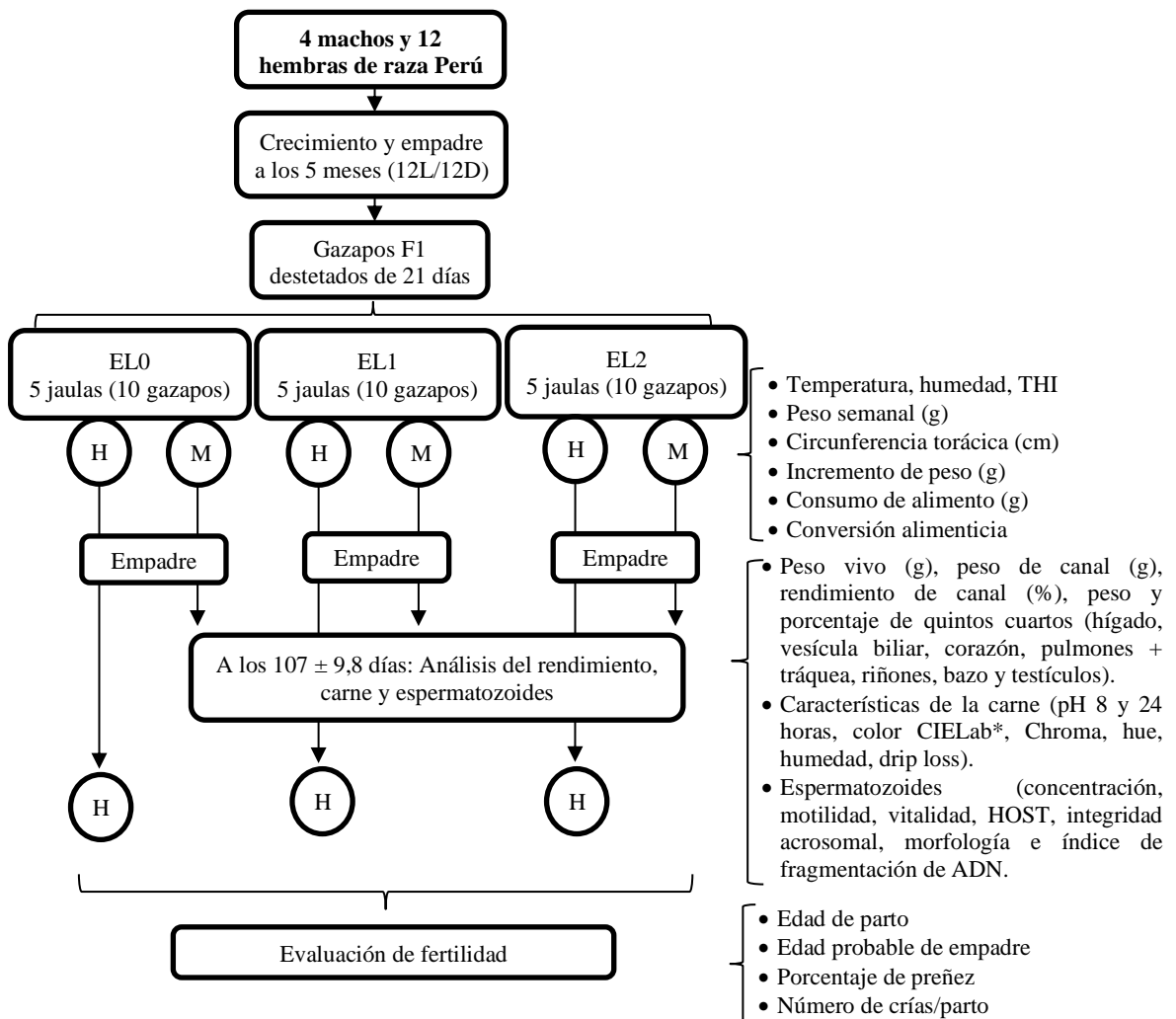


Figura 2. Flujograma de la fase experimental del estudio.

2.3. Animales y vivienda

En el módulo de crianza de cobayos, con condiciones de iluminación y fotoperiodo homogéneas (12L/12D), se desarrollaron 16 cobayos (4 machos y 12 hembras) hasta los cinco meses de edad. Luego, cada macho fue emparejado con tres hembras, dentro de

jaulas con dimensiones de 1,0 x 1,0 x 0,45 metros (Figura 3). Todos los cobayos fueron de la raza Perú y procedentes de una granja comercial ubicada en el distrito Pedro Ruiz Gallo, provincia Bongará, región Amazonas. En cada jaula nacieron camadas de seis a once crías (media de 2,9 crías por madre), que fueron destetadas a los 21 días de edad. A la edad de 26 ± 4 días y un peso promedio de 262 ± 60 g, treinta cobayos (17 machos y 13 hembras) fueron asignados aleatoriamente en parejas dentro de quince jaulas de 1,0 x 0,5 x 0,45 metros (13 jaulas mixtas y 2 con machos), cinco por cada compartimiento de EL. Las jaulas tuvieron disposición lineal una a continuación de otra, fueron fabricadas con malla metálica recubierta de polietileno y el piso era de tierra apelmazada. En cada jaula se asignó un comedero de plato y un chupón de bebedero automático para el suministro constante de agua. En cada compartimiento de EL se instalaron 02 termohigrómetros con datalogger (HT71N, PCE Instruments, Alemania) a 50 centímetros del suelo, para el registro de temperatura ambiental y humedad relativa cada 10 minutos (Figura 4). En función a los datos ambientales, se determinó el Índice de Temperatura-Humedad (THI) para evaluar el nivel de estrés térmico con la ecuación de Thom (1959):

$$ITH = (0,8)T_{\alpha} + \frac{HR}{100}(T_{\alpha} - 14,3) + 46,4$$

Donde, ITH es el índice de temperatura-humedad, T_{α} es la temperatura del aire en °C y HR es el valor porcentual de humedad relativa del aire.



Figura 3. Desarrollo y empadre de cobayos para la generación F1. Se llevaron a cabo en condiciones de iluminación y fotoperiodo homogéneas (12L/12D).



Figura 4. Asignación aleatoria de gazapos en parejas (1 U.E). Se instalaron termohigrómetros para el registro de temperatura y humedad ambiental.

2.4. Exposición Lumínica (EL)

En la zona del estudio, la duración del día durante los meses de octubre, noviembre y diciembre del 2020, fue de 12 horas con 10 minutos a 12 horas con 30 minutos de luz, y de 11 horas con 50 minutos a 11 horas con 30 minutos de oscuridad (Meteocast©). Dentro del módulo de crianza de cobayos, se instalaron tres compartimientos independientes con dimensiones 2,8 x 1,5 x 2,3 metros de altura, con cinco pozas de 1,0 x 0,5 x 0,45 metros cada una, para alojar a las U.E. Los tres compartimientos de EL o tratamientos fueron: Un compartimiento con fotoperiodo con luz LED de 10 horas de luz y 14 horas de oscuridad o 10L/14D (luces encendidas a horas 08:00 am y apagadas a horas 06:00 pm), generado por una lámpara de 62 luces LED de 3,1 W de potencia y una intensidad de luz promedio de 175,67 lux a 1,5 metros de la fuente (CN-L862Y, CAFINI, China) (EL1). Un compartimiento con fotoperiodo con luz solar 10L/14D (promedio de intensidad de luz de 1254,67 lux a 08:30 am y 476,17 lux a 04:30 pm), mediante apertura de ventanas ubicadas en el lado oriental y nor-oriental del galpón, y a 1,2 metros del suelo (ventanas abiertas a horas 08:00 am y cerradas a horas 06:00 pm) (EL2). Las ventanas se cubrieron con una lámina cristalina de polietileno, para evitar el ingreso de corrientes de aire y lluvia. Un compartimiento sin ningún estímulo lumínico directo (EL0) (Figura 5), con promedio de intensidad de luz de 2,36 lux a 08:30 am y 1,17 lux a 04:30 pm (Luxómetro versión 1.0.6, Smart Tools, Android). Además de los termohigrómetros dentro de los compartimientos, se instaló uno fuera de ellos y a 50 cm del suelo, para el registro de los parámetros ambientales en la parte externa. Esta rutina de exposición lumínica fue

aplicada diariamente durante todo el periodo experimental, desde la instalación de las U.E hasta los $107 \pm 9,8$ días de edad.

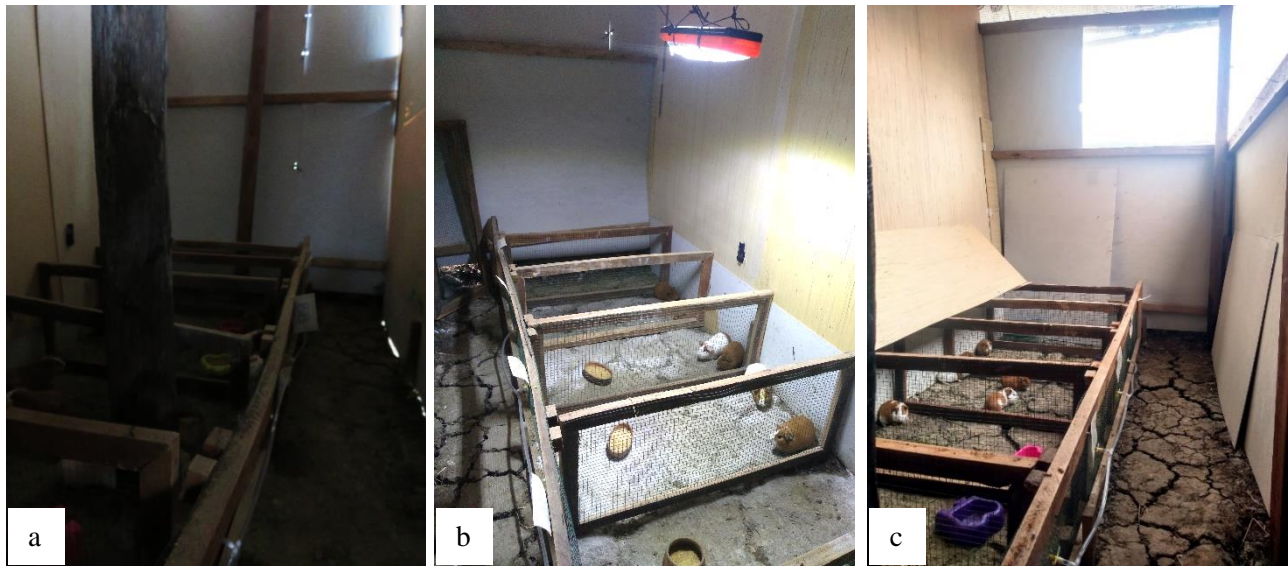


Figura 5. Compartimientos con tratamientos de exposición lumínica. Sin exposición lumínica directa (a), fotoperiodo con luz LED 10L/14D (b), fotoperiodo con luz solar 10L/14D (c).

2.5. Cuidado y desarrollo somático

Previo a la asignación de las U.E a los tratamientos de EL, se suministró Daimeton®T (Sulfamonometoxina + Trimetoprim) en el alimento de la mañana (2 g en 1 kg de alimento) y complejo B (1 g por litro de agua de bebida), durante tres días, para la prevención de diarreas. Luego, durante 12 semanas los cobayos fueron alimentados con un concentrado comercial a base de maíz amarillo, torta de soya, subproducto de trigo, melaza, harina de arroz, subproducto de arroz, micronutrientes, vitaminas, minerales y complejo B (18% de proteína bruta y 2,8 Mcal/kg); forraje de alfalfa (*Medicago sativa*) y pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*). La ración diaria de concentrado fue 10% del peso vivo (recalculado semanalmente), que fue suministrada dos veces al día (08:00 a 09:00 am y de 04:00 a 05:00 pm) así como el forraje verde. La provisión de agua de bebida fue *ad libitum* mediante un sistema de bebederos automáticos de chupón (Figura 6).

En esta etapa se realizó un pesaje inicial para homogenizar las U.E entre los grupos de exposición lumínica. La primera semana después de la asignación a las pozas fue de adaptación y no se realizó ninguna medición. A partir del octavo día se realizó un registro inicial (semana 0) de peso vivo y circunferencia torácica, para determinar el tamaño de ración diaria. Posteriormente se tomaron mediciones semanales de peso vivo en una

balanza de 10 kg de capacidad y 0,1 g de precisión (WLC 10/A2, RADWAG, Polonia), para determinar el incremento de peso semanal (peso final – peso inicial). Se registró la circunferencia torácica detrás de las extremidades anteriores de los cobayos, utilizando cinta milimétrica. El consumo de alimento se midió diariamente en cada U.E, registrando el peso del alimento rechazado para obtener el alimento consumido (alimento proveído – alimento rechazado = alimento consumido). La conversión alimenticia también se calculó para cada U.E, expresando el cociente entre el consumo de alimento semanal entre el incremento de peso de la misma semana. Las mediciones se efectuaron en ayunas a las 08:30 am (Figura 7).

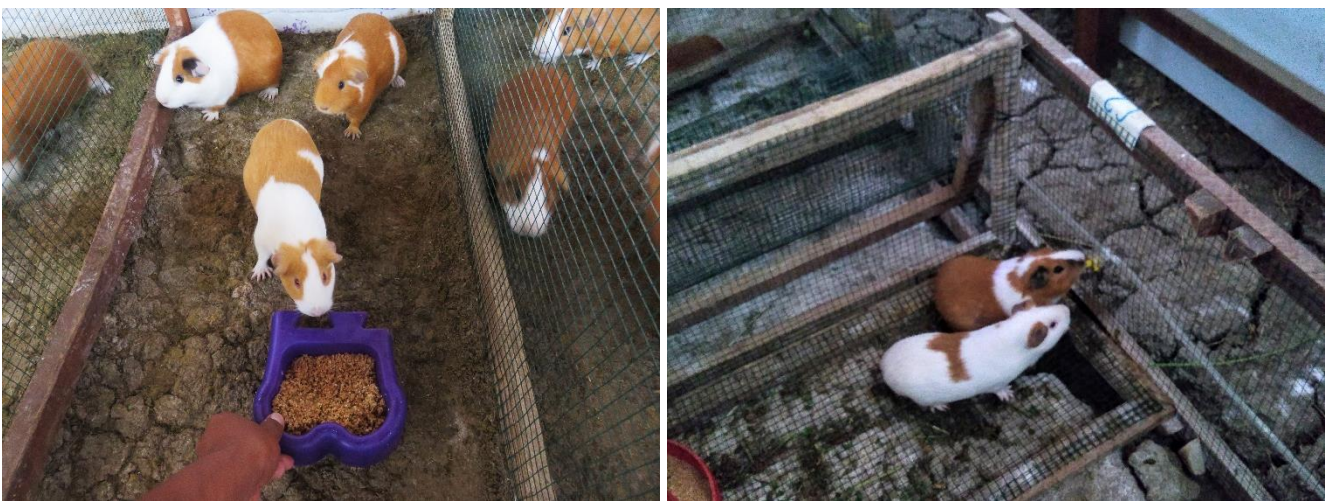


Figura 6. Régimen de alimentación y agua de bebida por bebederos de chupón.



Figura 7. Medición de peso vivo semanal y consumo de alimento diario.

2.6. Rendimiento productivo y carne

A los $107 \pm 9,8$ días de edad, quince cobayos macho fueron beneficiados mediante corte transversal de las arterias carótidas y vena yugular, registrando un tiempo de sangría aproximado de 30 segundos. Este proceso se llevó a cabo siguiendo las pautas ARRIVE 2.0 (Animal Research: Reporting of In Vivo Experiments) y la Guía AVMA (American Veterinary Medical Association) para la Eutanasia de Animales: Edición 2020 (Kilkeny et al., 2010; Everitt y Gross, 2006). Se registró el peso corporal antes del sacrificio (peso final) y peso después del eviscerado (peso de canal caliente). El rendimiento se obtuvo del cociente entre el peso de la canal caliente y el peso final de sacrificio, multiplicado por 100. Se pesaron los quintos cuartos (hígado, vesícula biliar, corazón, pulmones + tráquea, riñones, bazo y testículos) y se calculó el porcentaje de cada uno en función al peso final de sacrificio (Sánchez-Macías et al., 2015) (Figura 8).

Lo análisis de la carne se llevaron a cabo en el Laboratorio de Enfermedades Infecciosas y Parasitarias de Animales Domésticos del Instituto en Ganadería y Biotecnología (IGBI - UNTRM). Se analizaron los parámetros fisicoquímicos como pH, color, pérdidas por goteo y humedad. El pH se determinó a las 8 horas y 24 horas *post mortem*, mediante inserción del electrodo en los músculos isquiotibiales del muslo derecho (*biceps femoris*, *semitendinosus* y *semimembranosus*) hasta la estabilización de la lectura, utilizando un potenciómetro portátil para carnes y embutidos (HANNA HI99163, Rumania) con corrección automática de temperatura (ATC) y una precisión de $\pm 0,02$. Las muestras se conservaron en refrigeración a 5 °C (Bosch KAN58A40J, Corea del Sur) hasta las 24 horas para su evaluación final. El color fue determinado mediante coordenadas CIE Lab*, donde L* es luminosidad (de 0 a 100), a* es intensidad de rojo (+a indica rojo y -a indica verde) y b* es intensidad de amarillo (+b indica amarillo y -b indica azul). El sensor del colorímetro (Chroma Meter CR-410, Konica Minolta, Sensing, Inc., Sakai, Japón) realizó la lectura de coordenadas en la parte interna de los músculos *external oblique* y *rectus abdominis*. Además, se determinó el ángulo hue, H* o h mediante $\arctan(b^*/a^*) = H^*$ y el Chroma calculado como la hipotenusa del triángulo formado por el origen y las coordenadas de a* y b* mediante $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2} = C^*$ (Wrolstad & Smith, 2017). La humedad se determinó desecando muestras de carne con masa conocida a 100 °C por 24 horas, en una estufa con rango de 20 a 300 °C y resolución 0,1 °C (Memmert, UN55, Alemania), y expresando el porcentaje de la masa evaporada. De igual forma, las pérdidas por goteo o *drip loss* mediante la suspensión de muestras con dimensiones 3 x 1 cm de

músculos isquiotibiales, dentro de frascos cerrado herméticamente y en refrigeración durante 24 horas. Se calculó el porcentaje de goteo respecto a la masa inicial muestreada.



Figura 8. Evaluación del rendimiento productivo y parámetros de la carne.

2.7. Análisis espermático

Inmediatamente finalizado el desangrado, se recuperaron los testículos de los cobayos. En posición decúbiteo supino, en el lado izquierdo de la bolsa escrotal se realizó un corte con hoja de bisturí y por presión de la zona inguinal se extrajo los testículos para seccionarlos. Los órganos se depositaron en bolsas rotuladas de polietileno y dentro de un termo a 37 °C fueron transportados al Laboratorio del Centro de Colecta de Semen del IGBI (UNTRM - Amazonas). La porción caudal del epidídimo fue seccionada dentro de una placa Petri, sobre una platina térmica a 37 °C. La placa Petri contenía 0,4 mL de medio Tris atemperado, preparado con 3,028 g de base Tris grado molecular, 1,7 g de ácido cítrico y 1,25 g de D-fructosa, para 100 mL de agua destilada (Quispe, 2015). Se efectuaron ligeros cortes para promover la salida de los espermatozoides al medio (Ugarelli et al., 2017) (Figura 9). Se agregaron otros 0,6 mL más del medio Tris y la porción líquida fue recuperada en microtubos de 1,5 mL, para mantenerse a 37 °C.

2.7.1. Concentración y motilidad

Se determinó la concentración espermática utilizando cámara Makler con 5 µL de muestra recuperada del epidídimo, en un sistema computarizado de análisis seminal Sperm Class Analyzer (SCA® 5.3.0.0.VET edition, España), equipado con microscopio de contraste de fases (CX31, OLYMPUS), platina caliente a 37°C, objetivo de 10X y cámara (BASLER, acA780-75gc, Alemania). La motilidad también se determinó en el módulo

de movilidad del SCA®, depositando 5 μL de muestra sobre una lámina porta objetos y cubierto con lámina cubre objetos de 22x22 mm, sobre una platina a 37 °C. Se calibró la configuración para la detección de área de partícula entre 20 y 120 μm^2 y la captura de fotogramas de 50 imágenes consecutivas por segundo. De 4 a 5 capturas de fotogramas se corrigieron manualmente las partículas que no eran espermatozoides y se obtuvo los porcentajes de motilidad progresiva, no progresiva, total y espermatozoides estáticos (Figura 10). Además, se obtuvo los parámetros cinéticos: velocidad curvilínea (VCL), velocidad rectilínea (VSL), velocidad media (VAP), índice de linealidad ($\text{LIN}=\text{VSL}/\text{VCL}*100$), índice de rectitud ($\text{STR}=\text{VSL}/\text{VAP}*100$), índice de oscilación ($\text{WOB}=\text{VAP}/\text{VCL}*100$), amplitud de desplazamiento lateral de cabeza (ALH) y frecuencia de batido (BCF).

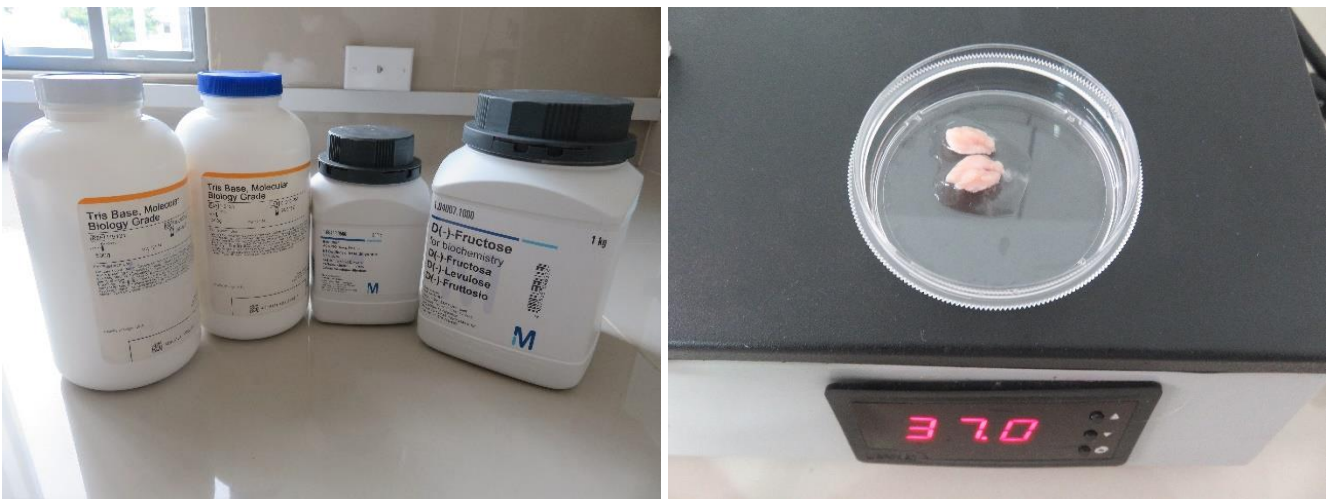


Figura 9. Extracción de espermatozoides de cobayo en medio Tris base.

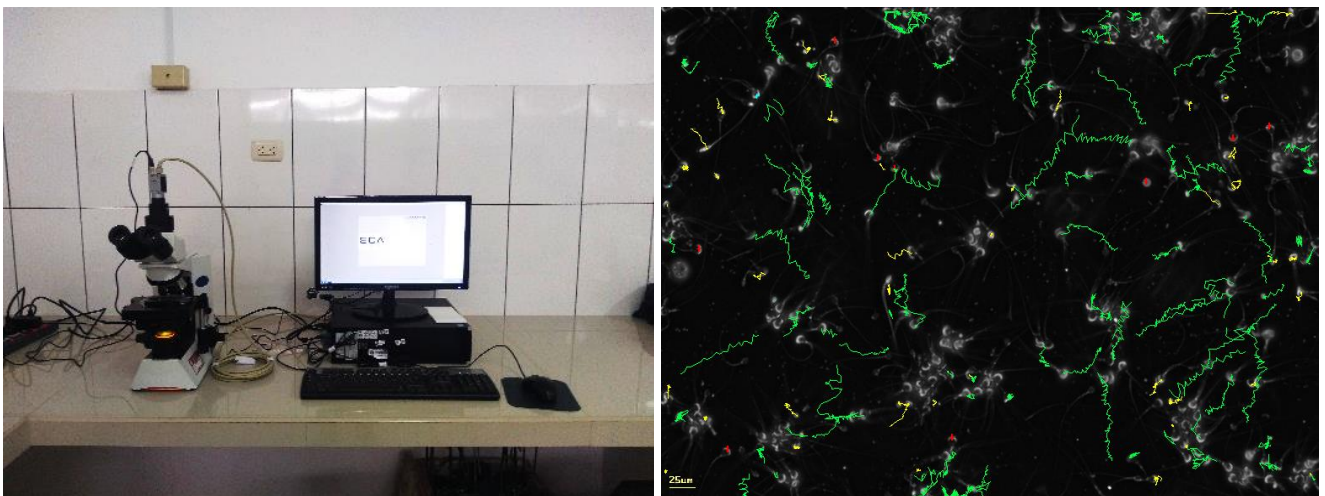


Figura 10. Análisis de concentración y motilidad espermática en SCA® CASA.

2.7.2. Vitalidad

Se determinó la vitalidad espermática mediante tinción eosina-nigrosina, depositando 5 μL de muestra en lámina portaobjetos y se agregó 5 μL de solución de Eosina Y 5 % en agua (Sigma-Aldrich, Estados Unidos), se mezcló ligeramente con la punta de micropipeta, y sobre ello 5 μL de solución de Nigrosina 10 % para mezclar y realizar el frotis con el borde de otra lamina portaobjetos.

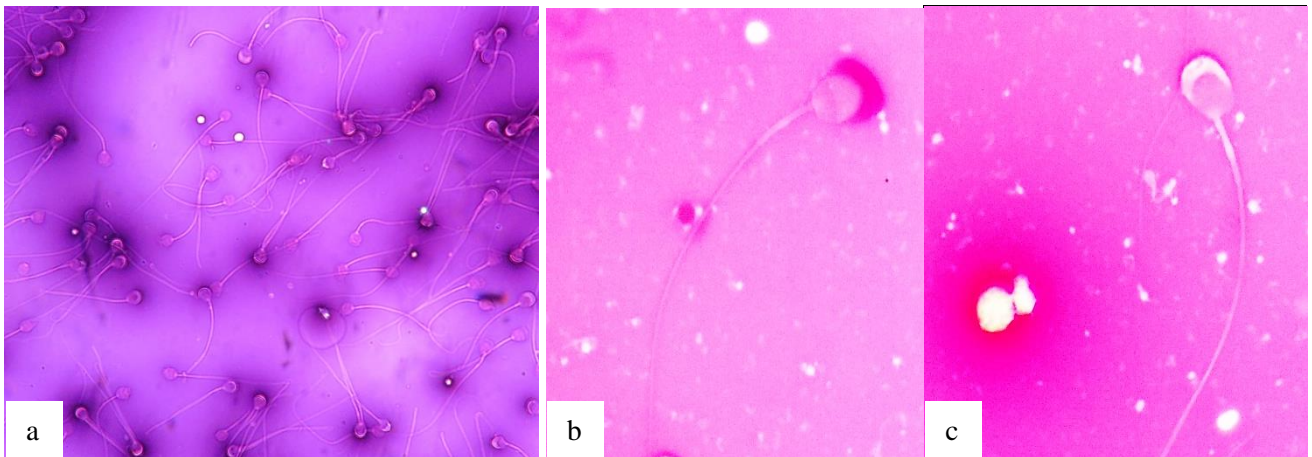


Figura 11. Vitalidad espermática de cobayos mediante prueba eosina-nigrosina. Captura de un campo con objetivo de 40x (a), espermatozoide muerto donde la eosina penetró fácilmente en la célula (b), espermatozoide vivo donde la eosina no pudo penetrar en la célula (c), y en algunos se nota un halo oscuro de nigrosina.

Ambas soluciones se utilizaron pre calentadas a 37 °C. Una vez secos al ambiente, los frotis se analizaron en microscopio de contraste de fases con filtro azul y objetivo de 40x, para contabilizar no menos de 200 células y expresar el porcentaje de espermatozoides con citoplasma no teñido por eosina. En espermatozoides muertos, la eosina penetra fácilmente en su citoplasma y los teñirá de rosa, en cambio los espermatozoides vivos no permiten el ingreso de eosina y la nigrosina mejora el contraste con el fondo, viéndose en un blanco brillante (Figura 11).

2.7.3. Funcionalidad de membrana

La funcionalidad de membrana espermática se evaluó mediante el test hipoosmótico (*hipoosmotic swelling test* o HOST), mezclando 100 μL de solución hipoosmótica de 50 mOsm/L (preparada con 2,45 mg de D-fructosa, 4,5 mg de citrato de sodio y 1 mL de agua bidestilada) a 37 °C, y 25 μL de la muestra recuperada del epidídimo. Luego de una incubación por 5 minutos a 37 °C, se agregó 31 μL de la solución formolada para detener la reacción (1 mL de solución hipoosmótica de 50 mOsm/L + 3 μL de formaldehído). En

lámina portaobjetos se depositó una alícuota de 5 μ L de la nueva mezcla y se observó en microscopio de contraste de fases con objetivo de 40x, contabilizando no menos de 200 espermatozoides con algún grado de enrollamiento de la cola debido a la reacción de endosmosis (HOST+), para expresarlo en porcentaje.



Figura 12. Patrones de enrollamiento de cola de espermatozoides cobayos por prueba hipoosmótica (HOST).

Se observa ausencia de reacción o HOST- en espermatozoides con la cola recta (a), y distintos grados de enrollamiento de cola o HOST+, como: la región extrema (b), la región media (c), los dos tercios de la cola (d), y enrollamiento fuerte de toda la cola (e).

Los espermatozoides que manifiestan fuerte enrollamiento de la cola indican una adecuada función de membrana celular; por el contrario, espermatozoides sin enrollamiento indican deficiencia en la función de regulación osmótica de la membrana. En la Figura 12 se presentan los patrones de enrollamiento de cola, los cuales fueron considerados dentro del porcentaje HOST+ por presentar algún grado de endosmosis (b-e) y HOST- es reacción nula a endosmosis (a).

2.7.4. Integridad acrosomal

Se determinó la integridad del acrosoma mediante tinción Coomassie Blue 0,22 % (Fumuso et al., 2014), preparada con 0,11 g de Brilliant Blue para Coomassie G250 (Merck, Alemania), 25 mL de metanol, 5 mL de ácido acético glacial y 20 mL de agua destilada. Los frotis de cada muestra, una vez secos al ambiente, fueron fijados horizontalmente en formaldehído al 4% en PBS (10 mL de formaldehído 40 % y 90 mL de PBS) por 15 minutos y luego lavados con PBS (5 inmersiones de 1 segundo cada una). Luego, se colocaron horizontalmente en una bandeja y se aplicó la tinción Coomassie Blue 0,22 % hasta cubrir totalmente el frotis, durante 5 minutos. Se dejó escurrir la tinción

y se lavaron en agua destilada (5 inmersiones de 1 segundo cada una), para dejarlos secar verticalmente al ambiente. La solución PBS 10X se preparó con NaHPO_4 14,2 g, KH_2PO_4 2,01 g, KCl 2,01 g, NaCl 80,06 g y agua ultra pura 1 L. Por lo tanto, 1 mL de PBS 10X se diluyó en 9 mL de agua ultra pura para obtener la solución de trabajo PBS 1X. Una vez secos se observaron en microscopio de contraste de fases con objetivo de 40x (Figura 13).

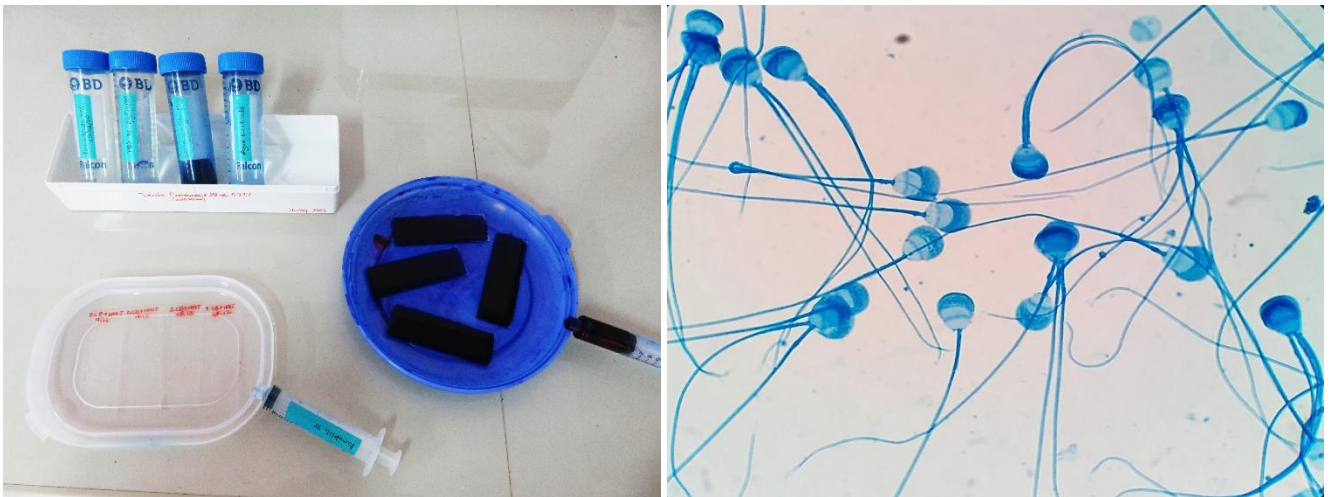


Figura 13. Tinción Coomassie Blue 0,22 % para evaluar la integridad acrosomal.

Se contabilizó no menos de 250 células para expresar el porcentaje de espermatozoides con coloración azul intensa (CB++) del capuchón acrosomal (Carretero et al., 2018), coloración azul débil (CB+) y espermatozoides sin capuchón acrosomal (CB-) (Figura 14).

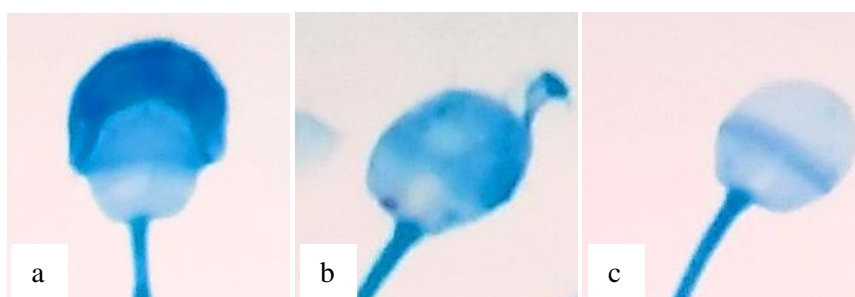


Figura 14. Patrones de tinción Coomassie Blue 0,22 % en espermatozoides de cobayos. Se observa tres patrones de tinción como: coloración azul intensa del acrosoma o CB++ (a), coloración parcial - débil del acrosoma o CB+ (b), y ausencia del capuchón acrosomal o CB- (c).

2.7.5. Morfología

Se evaluó la morfología en frotis secos al ambiente y coloreados con una tinción para diferenciación de células sanguíneas Hemacolor® (Merck, Alemania), según protocolo

del fabricante. Brevemente, los frotis se sumergieron en Solución I de Fijación cinco veces por un segundo cada una, luego en Solución II Eosina tres veces por un segundo cada una, luego en Solución III Azur seis veces por un segundo cada una, y finalmente en Solución de Lavado (pH 7,2) dos inmersiones de 10 segundos cada una, para luego secarlos verticalmente al ambiente. Se observó en microscopio de campo claro (OLYMPUS BX53, Tokio, Japón), equipado con cámara (OLYMPUS U-TV0.63XC, Tokio, Japón), objetivo de 100x y aceite de inmersión; para realizar capturas de no menos de 50 espermatozoides por muestra (Figura 15). Las células se clasificaron morfológicamente en cuatro categorías, de acuerdo a Kim et al. (2001) en función al estado de exocitosis del acrosoma en: acrosoma intacto (1), expansión por reacción acrosomal (2), inicio de descomposición (3), y pérdida del contenido y matriz acrosómica (4) (Figura 16), además se realizó el conteo de las formas atípicas como micronúcleo, macronúcleo, piriformes, alargadas y lanceoladas (Figura 17). Posteriormente se midieron manualmente los espermatozoides, utilizando las herramientas del software CellSens de OLYMPUS, considerando mediciones del núcleo (largo L, ancho W, área A y perímetro P), área y perímetro de acrosoma, largo de cabeza, largo y ancho de pieza intermedia, y largo de cola. Además, se calcularon los parámetros adimensionales del núcleo como elipticidad (L/W), rugosidad ($4\pi A/P^2$), elongación ($[(L-W)/(L+W)]$) y regularidad ($\pi LW/4A$).



Figura 15. Tinción de diferenciación celular Hemacolor® para morfología espermática.

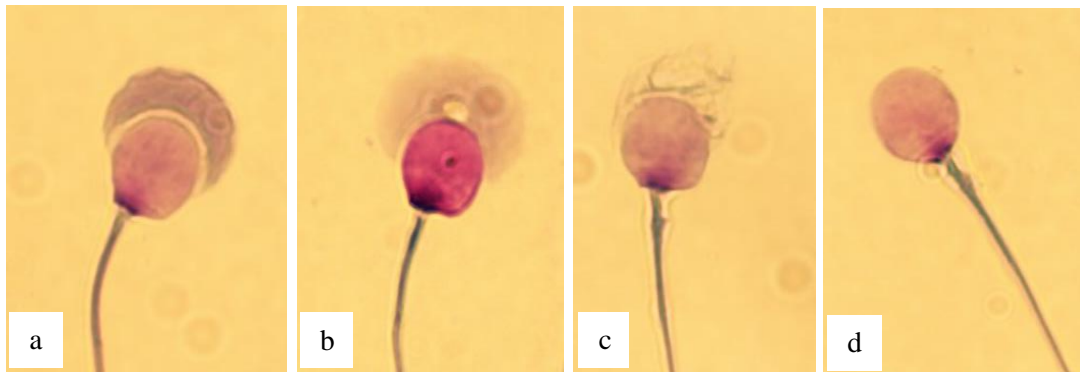


Figura 16. Patrones de clasificación morfológica de espermatozoides cobayos. Con objetivo 100x y aceite de inmersión se observan: espermatozoides con un acrosoma intacto y de color púrpura oscuro, de apariencia compacta (a), espermatozoides con expansión del acrosoma y un color púrpura claro (b), espermatozoides con acrosoma en proceso de descomposición (c), y espermatozoides sin contenido ni matriz acrosomal (d).

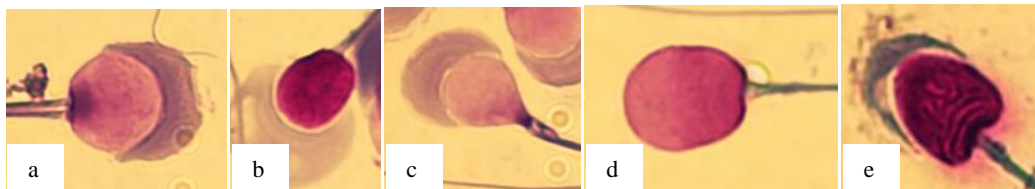


Figura 17. Formas atípicas en espermatozoides de cobayos. Con un objetivo 100x y aceite de inmersión se observan: espermatozoides con macronúcleo (a), micronúcleo (b), piriformes (c), alargados (d) y lanceolados (e).

2.7.6. Fragmentación de ADN

La fragmentación de ADN espermático se determinó mediante el método *Sperm Chromatin Dispersion* (SCD) utilizando el kit Halomax® (MM-40HT, Halotech DNA, España), para lo cual se diluyeron las muestras con medio Tris hasta una concentración de 20×10^6 espermatozoides/mL. A una alícuota de 25 μ L de la nueva concentración se agregó 50 μ L de agarosa, previamente calentada a 86 °C hasta su completa licuefacción y luego atemperada a 37 °C en baño maría. Se homogenizó ligeramente y se depositó 2 μ L de la nueva mezcla en los pocillos de las láminas pre tratadas con agarosa, se cubrieron con lámina cubre objetos y se presionó ligeramente para extender las muestras colocadas en los pocillos. Adicionalmente, en un pocillo se agregó un control positivo de fragmentación de ADN mediante ebullición de la muestra por 5 minutos. Se refrigeró horizontalmente a 4 °C por 5 minutos y luego se retiró la lámina cubre objetos cuidadosamente por deslizamiento lateral, frotando ligeramente con la parte dorsal de la muñeca para suavizar un poco la agarosa. Seguidamente, la lámina de pocillos se sumergió completamente en una cubeta horizontal conteniendo Solución de Lisis (10 mL

de Solución de Lisis Base + 70 μ L de Agente Reductor) durante 5 minutos. Se dejó escurrir y luego se sumergió en agua destilada por 5 minutos. Finalmente, las láminas se deshidrataron en etanol 70% por 2 minutos, etanol 96% por 2 minutos, y coloreadas con tinción Diff-Quick (Diff-Quick I por 6 minutos y Diff-Quick II por otros 6 minutos), Wright por 15 minutos, y lavadas en agua de grifo por inmersión (Figura 18). Todos los procedimientos se llevaron a cabo en plano horizontal por inmersión en placas Petri.



Figura 18. Tinción Diff-Quick® + Wright para la evaluación de fragmentación de ADN espermático.

Los espermatozoides sin ADN fragmentado mostraban nucleoides con un halo grande y con manchas de dispersión de cromatina; pero los espermatozoides con ADN fragmentado no presentaban un halo alrededor del nucleoide, solo un pequeño núcleo, cuyo porcentaje era el índice de fragmentación del ADN espermático (SDFI) (Figura 19).

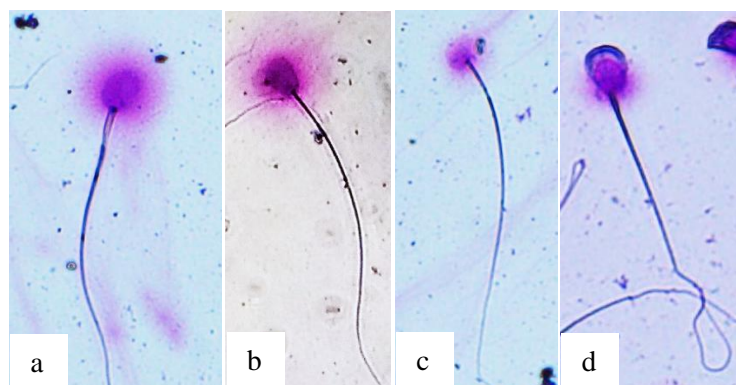


Figura 19. Patrones de clasificación de fragmentación de ADN de espermatozoides cobayos.

Con un objetivo de 40x se observa: nucleoides con un halo grande y compacto de cromatina son espermatozoides con ADN intacto (a), nucleoides con un halo disperso de cromática son espermatozoides con leve grado de fragmentación de ADN (b), y

nucleoides con un halo pequeño o sin halo son espermatozoides con el ADN fragmentado (c), similares al patrón de fragmentación de ADN observado en el control positivo (d).

2.8. Fertilidad

Doce U.E estuvieron conformadas por 1 macho y 1 hembra no emparentados, y al momento del primer parto se determinó edad de parto, edad probable de empadre (considerando una media de 68 días de gestación), porcentaje de preñez y número de crías por parto, en cada compartimiento de EL.

2.9. Análisis de datos

El modelo aditivo lineal para el análisis fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + B_j + E_{ijk}$$

Y_{ij} = Variables respuesta en la i-ésima exposición lumínica y j-ésimo bloque.

μ = Efecto de la media general.

T_i = Efecto de la i-ésima exposición lumínica.

B_j = Efecto del j-ésimo bloque.

E_{ij} = Error experimental.

Para evaluar el desarrollo somático se utilizaron 12 U.E. Se evaluó la distribución normal de peso vivo, circunferencia torácica, consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia, con la prueba de Shapiro-Wilk y homogeneidad de varianzas con la prueba de Levene. Debido a la ausencia de efecto de los bloques, estas variables fueron analizadas bajo diseño completo al azar, con el fin de incrementar los grados de libertad del error. El peso vivo y la circunferencia de tórax se analizaron mediante ANCOVA, tomando como covariables a los valores iniciales de ambas variables. Para ello se comprobó la independencia entre covariables y variables independientes, así como la homogeneidad de las pendientes de regresión ($p > 0,05$). Se analizó el efecto principal de EL, SEXO y la interacción SEXO x EL, la comparación de medias con el ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) y los gráficos empleando las medias marginales estimadas. En cambio, el incremento de peso y consumo de alimento semanal se analizaron mediante ANOVA, evaluando el efecto principal de EL, SEXO y SEXO x EL solo en incremento de peso. La conversión alimenticia no se ajustó a distribución normal por lo que se analizó con la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Las correlaciones se determinaron mediante coeficientes de Pearson en el programa SPSS v.15.0.

Para las variables del rendimiento productivo y parámetros de la carne se utilizaron 15 machos, se evaluó la bondad de ajuste con la prueba de Shapiro-Wilk para distribución normal y la esfericidad de Bartlett para homogeneidad de varianzas. Las variables que cumplieron con los supuestos se sometieron a ANOVA y la prueba de Duncan ($p < 0,05$) para la comparación de medias, considerando como principales fuentes de variación a EL y camada de procedencia de los sujetos (bloque). La prueba de Friedman se empleó para analizar el peso de vesícula y peso de corazón, y la prueba de Kruskal-Wallis para las pérdidas por goteo y humedad de la carne, según EL en el programa R Studio 4.1.0.

Utilizando 16 machos para evaluar la calidad espermática, se verificó la distribución normal y homogeneidad de varianzas de peso vivo, peso testicular, concentración, motilidad progresiva, motilidad no progresiva, motilidad total, VCL, VSL; VAP, LIN, STR, WOB, ALH, BCF, vitalidad, HOST+, coloración intensa de Coomassie Blue (CB++), coloración débil (CB+), reacción total a CB (CB TOTAL) y porcentajes de clasificación morfológica; con las pruebas de Shapiro-Wilk y Levene, respectivamente. Por ello, el efecto de la exposición lumínica se determinó mediante ANOVA y ajuste de Bonferroni ($p < 0,05$) para comparar las medias entre grupos. El índice de fragmentación de ADN (SDFI) no tuvo bondad de ajuste, por lo que se analizó con la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). Los parámetros morfométricos no cumplieron los supuestos de normalidad (prueba de Kolmogorov-Smirnov) ni homogeneidad de varianzas (Prueba de Levene), por lo que también se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) para más de dos grupos y U de Mann-Whitney ($p < 0,05$) para dos grupos. La edad de empadre, edad de parto y número de crías se evaluó con ANOVA y la tasa de preñez con la prueba de Chi-cuadrado. Las correlaciones se determinaron mediante coeficientes de Pearson en el programa SPSS v.15.0. Además, se clasificaron las variables mediante un análisis multivariado de componentes principales, también en el programa SPSS v.15.0.

III. RESULTADOS

3.1. Temperatura ambiental e Índice temperatura-humedad (THI)

Durante los meses de octubre, noviembre y diciembre de 2020, se registró la temperatura ambiental y humedad relativa en cada compartimiento de exposición lumínica. A partir de los valores de temperatura y humedad, se construyó el índice temperatura-humedad (THI) para estimar el nivel de estrés por calor. En la Figura 20. a-c, se muestran gráficos de evolución de la temperatura y THI en los tres compartimentos de exposición lumínica.

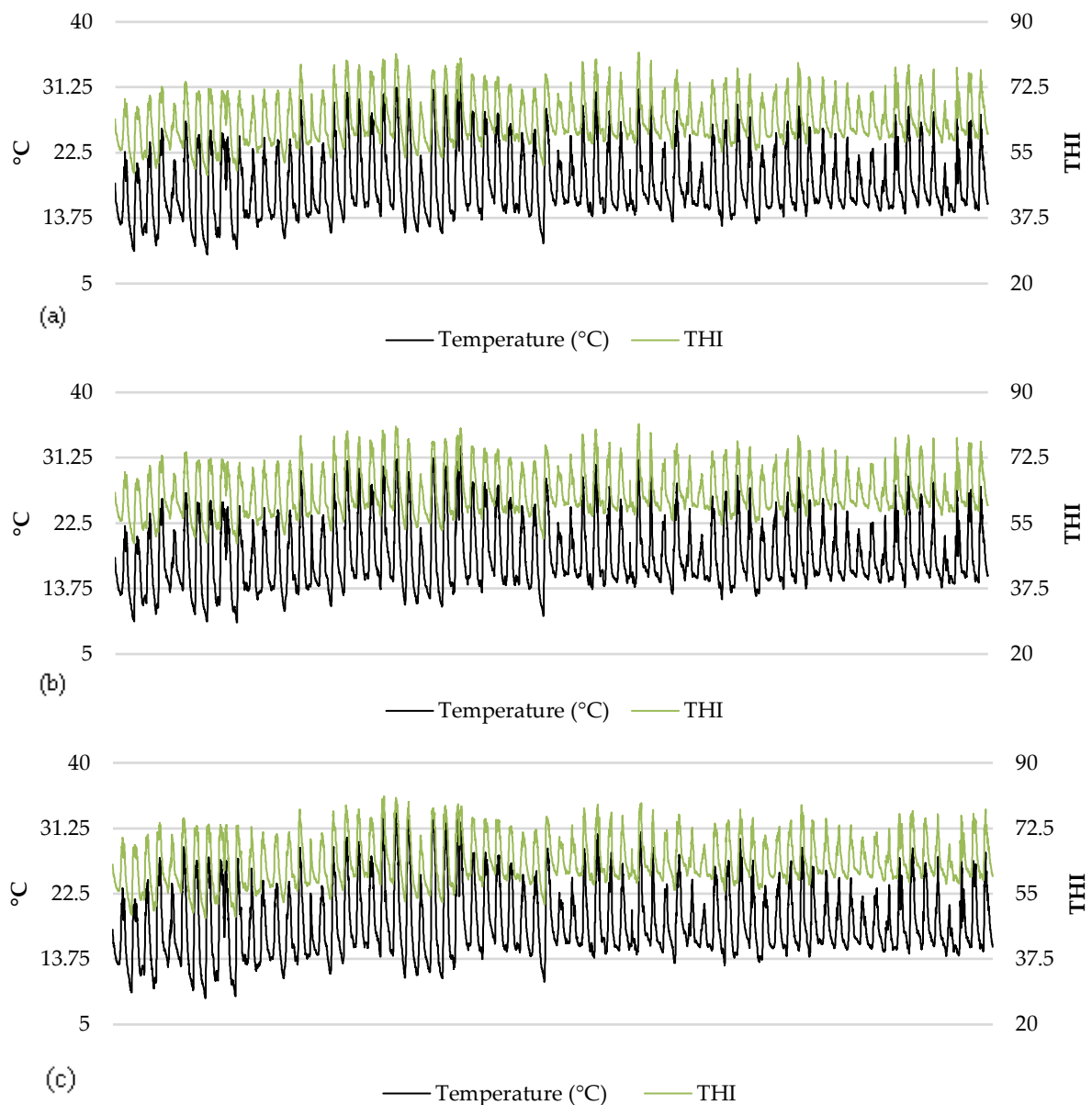


Figura 20. a-c. Temperatura ambiental e índice de temperatura-humedad (THI) de octubre a diciembre de 2020, en tres compartimentos bajo diferente exposición lumínica.

(a) EL0 = compartimiento sin estímulo lumínico directo, (b) EL1 = fotoperiodo con luz LED 10L/14D, (c) EL2 = fotoperiodo con luz solar de 10L/14D.

En EL0 (Fig. 20.a) los picos de temperatura fueron los más bajos y THI más alto (32,65 °C y 81,8), en EL1 (Figura 20.b) los picos de temperatura y THI fueron intermedios (32,75 °C y 81,6), pero en EL2 (Figura 20.c) alcanzó picos más altos de temperatura y THI menor (33,8 °C y 81,0).

3.2. Desarrollo somático

Durante 9 semanas post destete se evaluó el peso vivo, circunferencia torácica, consumo de alimento, incremento de peso y conversión alimenticia, en 24 cobayos sometidos a tres tipos de exposición lumínica (EL). En la Figura 21.A, al incorporar la covariable Peso Inicial, las hembras alcanzaron medias marginales estimadas de pesos finales de 903,72 g en EL0, 919,77 g en EL1 y 868,73 g en EL2, pero sin diferencias significativas en todas las semanas de estudio ($p > 0,05$). Entre tanto que, en la Figura 21.B, los machos lograron pesos finales de 1096,14 g en EL0, 1118,61 g en EL1 y 1100,03 g en EL2, sin diferencias significativas en todas las semanas a excepción de la semana 2 (S2), donde la media marginal de cobayos EL0 (446,25 g) fue menor a EL1 (489,92 g) y EL2 (486,85 g) ($p < 0,05$). La interacción SEXO x EL solo fue significativa en S2, donde el peso vivo fue menor en hembras de EL2 ($p < 0,05$). Entre machos y hembras no hubo diferencias en el peso inicial (S0) ($p = 0,07$), pero la diferencia se incrementó en el tiempo ($p = 0,04$ en S1 y $p < 0,01$ de S2 a S9).

En la Figura 21.C, no se encontró diferencias entre la circunferencia torácica inicial de hembras y machos ($p > 0,05$) por separado; sin embargo, al incorporarla como covariable, en hembras de EL0 (15,13 cm) y EL1 (15,16 cm) se observó mayor crecimiento que EL2 (15,13 cm y 15,16 cm vs 13,97 cm, respectivamente) en S1 ($p < 0,01$). De igual forma, en S3 y S6, la circunferencia torácica fue mayor en EL1 y menor en EL2. Sin embargo, en machos no se observó tales diferencias en todas las semanas (Figura 21.D), ni analizando la interacción SEXO x EL ($p > 0,05$). A la semana 9, las medias marginales de hembras (EL0 17,71 cm, EL1 17,78 cm, EL2 17,23 cm) y machos (EL0 19,16 cm, EL1 19,45 cm, EL2 19,00 cm) no difirieron. Se esperaba diferencias significativas entre machos y hembras desde S0 ($p = 0,015$) y S1, S6, S7, S8 y S9 ($p < 0,05$).

El incremento de peso semanal en machos y hembras muestra una curva con tendencia descendente en el tiempo. En hembras, en S2 se aprecia un pico de incremento de 127,63 g en EL0, 144,30 g en EL1 y 125,85 g en EL2, que cae en S3 y el descenso no es marcado hasta la semana 8 (63,95 g en EL0, 76,18 g en EL1 y 53,23 g en EL2) (Figura 21.E).

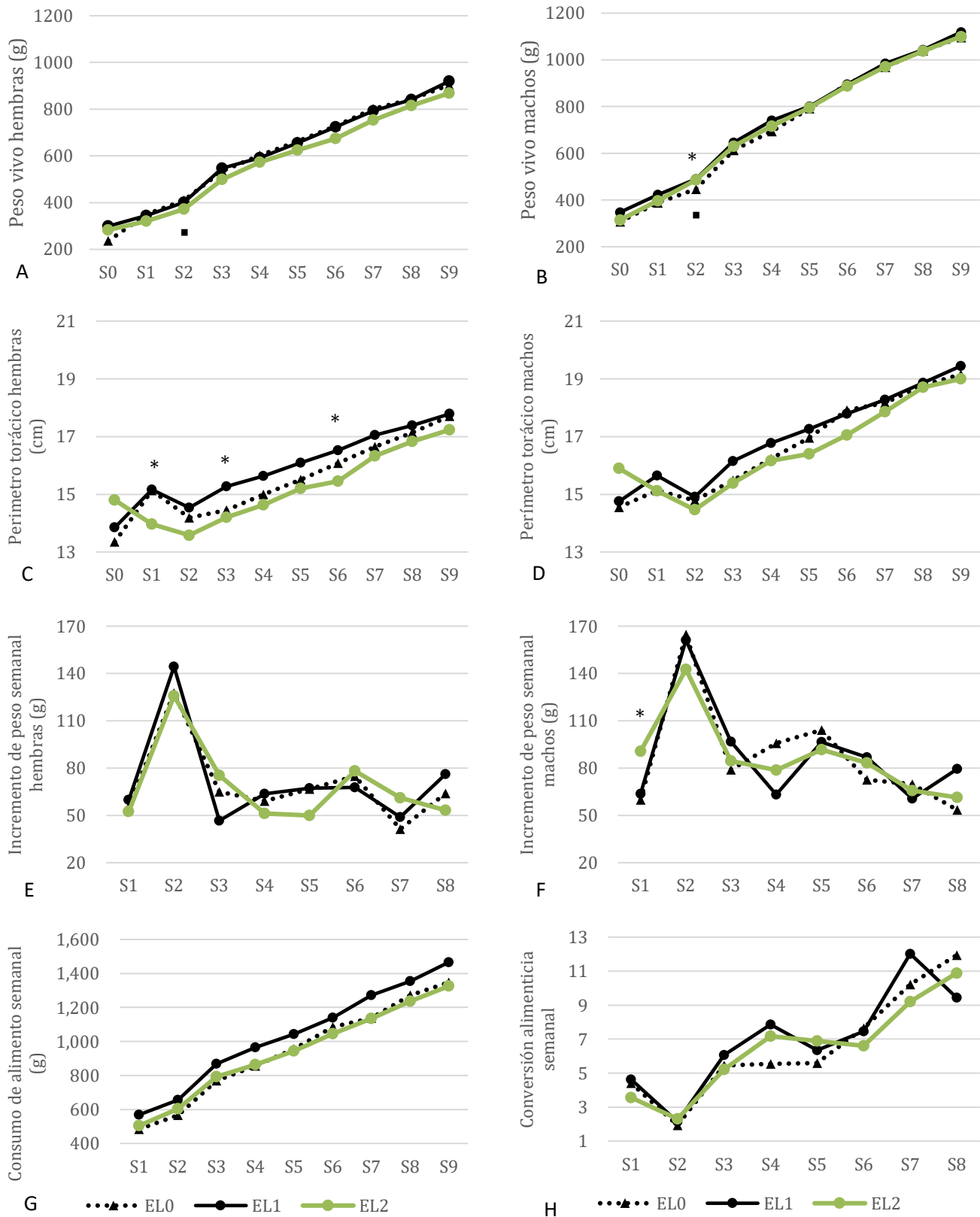


Figura 21. A-H. Rendimiento productivo de cobayos sometidos a estimulación lumínica. (*) Indica diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ entre estimulación lumínica (EL). (•) Indica diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ para interacción EL*Sexo.

En cambio, en machos se observó un mayor incremento de peso semanal en EL2 respecto a EL0 y EL1 en S1 ($p < 0,05$) (90,75 g vs 59,83 g y 63,58 g), un pico en S2, y un descenso más marcado a partir de S5, llegando a 53,45 g en EL0, 79,48 en EL1 y 61,38 en EL2, durante S8 (Figura 21.F). La interacción SEXO x EL no fue significativa ($p > 0,05$) pero sí entre machos y hembras, donde en S1, S2, S3, S4, S5 y S7, los incrementos de peso semanales fueron mayores en machos que en hembras ($p < 0,05$ y $p < 0,01$).

El consumo de alimento semanal se midió por cada unidad de observación de un macho y una hembra, y fue incremental en el tiempo puesto que se calcularon en función del peso vivo, llegando a consumir 1347,69 g en EL0, 1466,09 g en EL1 y 1325,75 en EL2 durante S9 (Figura 21.G). No se encontraron diferencias significativas en todas las semanas ($p > 0,05$). Un cálculo similar para la conversión alimenticia tampoco evidenció diferencias en todas las semanas ($p > 0,05$), llegando a conversiones finales de 11,94 en EL0, 9,44 en EL1 y 10,89 en EL2 durante la semana 8 (Figura 21.H).

Las variables de rendimiento productivo, posterior al beneficio de 15 cobayos machos según EL, se presentan en la Tabla 1. Entre grupos de EL no se encontraron diferencias significativas en los pesos corporales (peso inicial, peso final y peso de canal), rendimiento ni peso de quintos cuartos ($p > 0,05$); sin embargo, los valores porcentuales de hígado, corazón y testículos fueron mayores en EL2 y menores en EL0 ($p < 0,05$).

Se hallaron correlaciones significativas entre peso final con peso de canal ($r = 0,985$, $p = 0,00$), con porcentaje de pulmones + tráquea ($r = -0,692$, $p = 0,004$) y con porcentaje de bazo ($r = -0,573$, $p = 0,025$). El peso de canal se correlacionó con el rendimiento ($r = 0,580$, $p = 0,023$), con porcentaje de pulmones + tráquea ($r = -0,714$, $p = 0,003$) y con porcentaje de bazo ($r = -0,572$, $p = 0,026$). El porcentaje de pulmones + tráquea se correlacionó con el porcentaje de bazo ($r = 0,558$, $p = 0,031$) y el porcentaje de riñones con el porcentaje de testículos ($r = 0,560$, $p = 0,030$).

En la Tabla 2, en cuanto a los parámetros fisicoquímicos de la carne de los cobayos, solo fueron significativamente diferentes entre grupos EL, los indicadores de color: a^* y pérdidas por goteo al nivel $p < 0,05$, mientras que b^* , Chroma y HUE difirieron al nivel $p < 0,01$. La carne de cobayos de EL2 presentó mayor valor de a^* , b^* , Chroma y HUE, pero menor PG (%), que es una carne más roja, más amarilla, de mayor saturación de color y mayor retención de agua; por el contrario, en EL0 el valor de a^* fue menor y PG (%) fue mayor, y b^* , Chroma y HUE fueron menores en EL0 y EL1, que es una carne de

menor saturación de color o más pálida y de mayor pérdida de agua. Los valores de pH 8h, pH 24h, L* y humedad (%) no difirieron entre grupos EL. Se observó alto coeficiente de variabilidad en PG (%) (61,51%).

Tabla 1. Rendimiento productivo y quintos cuartos de cobayos sometidos a estimulación lumínica (N=15)

Variable	EL0	EL1	EL2	p-valor	SEM	CV
Peso inicial (g)	251,28	301,32	261,72	0,80	18,37	23,28
Peso final (g)	1 113,80	1 264,38	1 036,82	0,50	42,40	15,26
Peso de canal (g)	717,75	817,49	643,17	0,34	29,63	16,41
Rendimiento (%)	64,42	64,70	61,89	0,06	0,53	2,97
Quintos cuartos (g)						
Hígado	37,99	48,70	41,80	0,51	2,17	20,82
Vesícula biliar	2,54	2,11	2,32	0,82	0,44	56,17
Corazón	3,44	4,50	4,47	0,09	0,24	23,24
Pulmones + tráquea	8,50	9,20	8,92	0,58	0,32	13,15
Riñones	9,50	11,78	10,16	0,57	0,44	17,18
Bazo	1,97	2,27	2,11	0,54	0,08	16,42
Testículos	11,09	14,72	13,70	0,26	0,87	26,21
Quitos cuartos (%)						
Hígado	3,39 ^b	3,84 ^{ab}	4,02 ^a	0,01*	0,10	8,77
Vesícula biliar	0,22	0,16	0,22	0,99	0,03	72,55
Corazón	0,31 ^b	0,35 ^{ab}	0,44 ^a	0,01*	0,02	19,40
Pulmones + tráquea	0,77	0,73	0,88	0,30	0,04	18,53
Riñones	0,86	0,93	0,98	0,05	0,03	9,66
Bazo	0,18	0,18	0,21	0,18	0,01	18,37
Testículos	1,00 ^b	1,16 ^{ab}	1,29 ^a	0,04*	0,06	16,89

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. SEM: Error estándar de la media, CV: Coeficiente de variación. Letras diferentes en superíndice en cada fila ^(a,b) indican diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ (*).

El pH a las 8 horas, L* y humedad no se correlacionaron con ninguna variable; sin embargo, el pH a las 24 horas se correlacionó con PG ($r = 0,588$, $p = 0,044$). El valor de a* se correlacionó con b* ($r = 0,786$, $p = 0,001$), con Chroma ($r = 0,990$, $p = 0,000$), con HUE ($r = 0,675$, $p = 0,008$) y con PG ($r = -0,575$, $p = 0,032$). El valor de b* se correlacionó con Chroma ($r = 0,864$, $p = 0,000$), con HUE ($r = 0,984$, $p = 0,000$) y con PG ($r = -0,581$,

$p = 0,029$). Chroma se correlacionó con HUE ($r = 0,768$, $p = 0,001$) y con PG ($r = -0,599$, $p = 0,024$), y HUE con PG ($r = -0,557$, $p = 0,038$) (Figura 22).

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos de la carne de cobayos sometidos a estimulación lumínica

Variable	N	EL0	EL1	EL2	p-valor	SEM	CV
pH 8h	14	5,89	5,94	5,88	0,85	0,02	1,12
pH 24h	12	5,89	5,90	5,84	0,31	0,02	1,32
L*	14	51,20	48,47	51,14	0,96	0,56	3,76
a*	14	19,13 ^b	20,14 ^{ab}	21,70 ^a	0,01*	0,48	6,81
b*	14	3,70 ^b	3,73 ^b	7,16 ^a	0,00**	0,51	24,56
Chroma	14	19,49 ^b	20,49 ^b	22,86 ^a	0,00**	0,57	7,39
HUE	14	0,19 ^b	0,18 ^b	0,32 ^a	0,00**	0,02	19,66
PG (%)	14	1,63 ^a	1,41 ^{ab}	0,56 ^b	0,03*	0,19	61,51
Humedad (%)	14	79,25	79,51	78,62	0,46	0,27	1,28

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. SEM: Error estándar de la media, CV: Coeficiente de variación, L*: Luminosidad, a*: intensidad de rojo, b*: intensidad de amarillo, PG: Pérdidas por goteo. Letras diferentes en superíndice en cada fila ^(a,b) indican diferencias significativas al nivel $p < 0,05$ (*) y $p < 0,01$ (**).

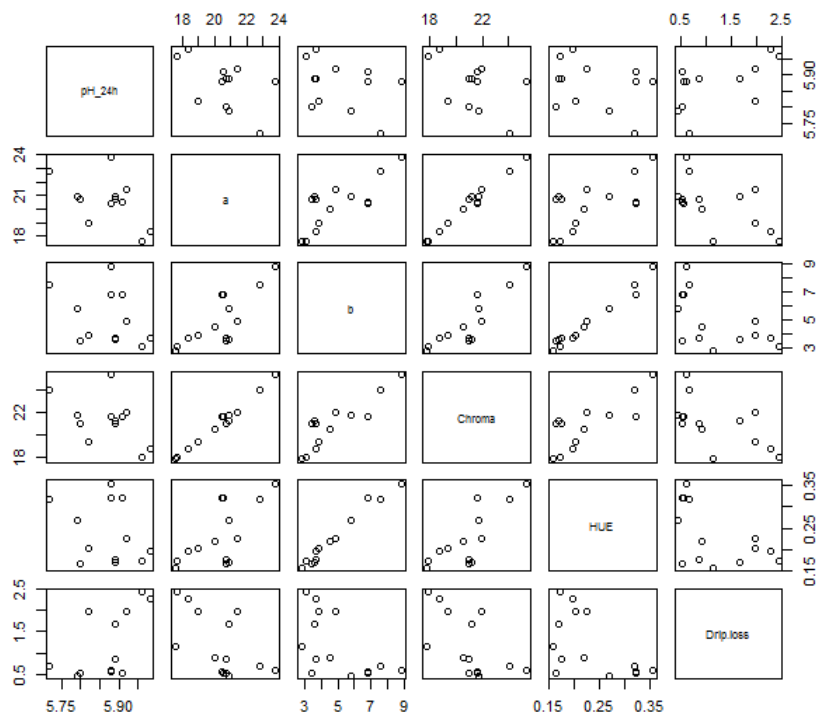


Figura 22. Correlación de Pearson entre parámetros de la carne de cobayos.

3.3. Calidad espermática

El análisis de espermatozoides de dieciséis cobayos macho adultos de $107 \pm 9,8$ días de edad, con peso vivo medio de $1163,18 \pm 66,17$ g (EL0), $1264,38 \pm 48,73$ g (EL1) y $1036,82 \pm 83,05$ g (EL2); y peso testicular de $12,24 \pm 1,16$ g (EL0), $14,72 \pm 1,29$ g (EL1) y $13,70 \pm 2,17$ g (EL2), se muestran en la Tabla 3. Los cobayos sometidos a los tres tratamientos no mostraron diferencias significativas en peso vivo ni peso testicular ($p > 0,05$), pero diferencias significativas en concentración espermática, en la cual EL0 y EL1 fueron mayores que EL2 ($p < 0,05$). De manera similar, EL0 y EL1 tuvieron un mayor porcentaje de espermatozoides con motilidad no progresiva y motilidad total, en comparación con EL2 ($p < 0,05$) (Tabla 3). Se muestra el diagrama de cajas de estas variables, donde el peso vivo (Figura 23.A) y el peso testicular (Figura 23.B) mostraron alta variabilidad, pero sin diferencias significativas entre grupos ($p > 0,05$). La concentración de espermatozoides (Figura 23.C) mostró menos variabilidad y diferencias significativas entre los grupos ($p < 0,05$). La motilidad progresiva (Figura 23.D) también mostró una alta variabilidad y diferencias no significativas entre los grupos ($p > 0,05$), y la motilidad no progresiva (Figura 23.E) y motilidad total (Figura 23.F) también mostraron menos variabilidad y diferencias significativas entre grupos ($p < 0,05$).

La concentración de espermatozoides mejoró en EL0 y EL1, en comparación con EL2 (fotoperiodo con luz solar). La Tabla 4 muestra los coeficientes de Pearson que miden la correlación entre estos parámetros espermáticos, donde observamos que la concentración de espermatozoides se correlacionó significativamente con la motilidad progresiva ($p < 0,05$), no progresiva ($p < 0,05$) y total ($p < 0,01$). Además, se encontró una correlación similar entre el peso vivo con el peso testicular, concentración espermática ($p < 0,01$), motilidad no progresiva y motilidad total ($p < 0,05$).

Tabla 3. Parámetros espermáticos de cobayos ($107 \pm 9,8$ días de edad) sometidos a diferente exposición lumínica

Variable	EL0	EL1	EL2	p-valor	SEM	CV
N	6	5	5			
Peso vivo (g)	1163,18	1264,38	1036,82	0,14	43,15	14,11
Peso testicular (g)	12,24	14,72	13,70	0,60	0,87	28,93
Concentración (M/mL)	915,23 ^{ab}	1151,10 ^a	456,19 ^b	0,04*	108,40	51,28
Motilidad progresiva (%)	29,44	22,88	15,61	0,27	3,32	57,82
Motilidad no progresiva (%)	50,19 ^a	48,49 ^a	13,89 ^b	0,02*	6,10	45,81
Motilidad total (%)	79,63 ^a	71,37 ^a	29,50 ^b	0,01*	8,07	35,82
VCL ($\mu\text{m/s}$)	86,44 ^a	96,62 ^a	57,66 ^b	0,03*	5,91	18,45
VSL ($\mu\text{m/s}$)	23,52	26,87	17,32	0,15	1,94	27,24
VAP ($\mu\text{m/s}$)	50,04	50,72	33,94	0,08	3,57	20,26
LIN (%)	26,64	26,60	27,85	0,99	0,94	14,51
STR (%)	44,94	48,86	47,55	0,44	1,60	12,03
WOB (%)	58,47	52,69	56,63	0,07	2,17	6,97
ALH (μm)	2,98 ^a	3,41 ^a	2,10 ^b	0,01*	0,19	14,53
BCF (Hz)	6,87	7,23	5,98	0,40	0,52	20,70
Vitalidad (%)	34,86 ^a	32,73 ^a	20,70 ^b	<0,01**	2,19	15,29
HOST+ (%)	60,49 ^a	59,76 ^a	36,63 ^b	<0,01**	3,61	16,87
CB++ (%)	66,43 ^a	28,67 ^b	36,51 ^{ab}	0,02*	5,87	41,40
CB+ (%)	21,38 ^b	59,12 ^a	36,46 ^{ab}	<0,01**	5,03	37,30
CB total (%)	87,81 ^a	87,79 ^a	72,97 ^b	0,01*	2,75	8,86
SDFI (%)	10,26 ^a	12,49 ^a	53,04 ^b	0,01*	5,44	79,45

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. SEM: Error estándar de la media, CV: Coeficiente de variación. VCL: Velocidad curvilínea; VSL: Velocidad en línea recta; VAP: Velocidad de trayectoria promedio; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: Frecuencia de beat-cross; HOST +: reacción positiva a la prueba de hinchazón hipoosmótica; CB ++: tinción fuerte con Coomassie Blue; CB +: tinción débil con Coomassie Blue; CB total: tinción total con Coomassie Blue; SDFI: índice de fragmentación del ADN espermático. Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b) indican diferencias significativas. *: Diferencias significativas al nivel de $p < 0,05$; **: diferencias significativas al nivel de $p < 0,01$.

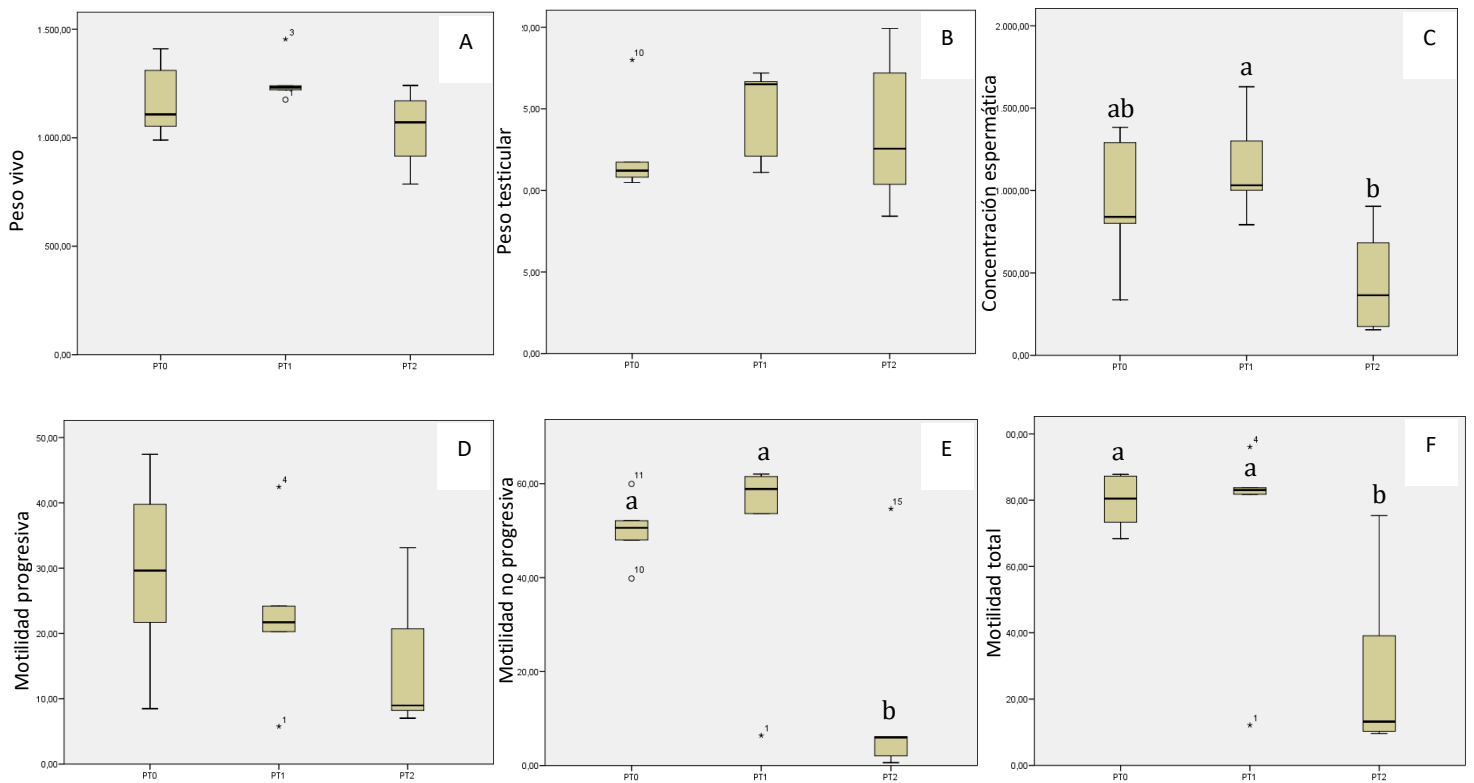


Figura 23. A-F. Diagrama de caja para pesos, concentración y motilidad de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica. A. Peso vivo (g), B. Peso testicular (g), C. Concentración espermática (M/mL), D. Motilidad progresiva (%), E. Motilidad no progresiva (%), F. Motilidad total (%). Diferentes letras en superíndice sobre las cajas ^(a,b) indican diferencias significativas al nivel de $p < 0,05$. PT0: Sin estimulación lumínica directa (EL0), PT1: Fotoperiodo con luz LED (EL1), PT2: Fotoperiodo con luz solar (EL2).

Tabla 4. Coeficientes de Pearson entre pesos, concentración y motilidad de espermatozoides cobayos

	P. Testicular	Concent.	M. Progresiva	M. No Progresiva	M. Total
P. Vivo	0,68**	0,68**	0,42	0,51*	0,56*
P. Testicular		0,36	0,30	0,29	0,35
Concent.			0,50*	0,59*	0,65**
M. Progresiva				0,42	0,73**
M. No Progresiva					0,93**

** : Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); * : Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

Entre los parámetros cinéticos de los espermatozoides analizados, solo VCL y ALH en EL0 y EL1, fueron significativamente mayores en comparación con EL2 ($p < 0,05$) (Tabla 3). En la Figura 24.A se muestra el diagrama de cajas de VCL con menor variación que

las variables anteriores, en las Figura 24.B y 24.C se muestra el diagrama de cajas para VSL y VAP respectivamente y hay heterogeneidad, aunque sin diferencias significativas entre grupos. Existe mayor homogeneidad en LIN (Figura 24.D), STR (Figura 24.E), WOB (Figura 24.F), ALH (Figura 24.G) y BCF (Figura 24.H), y la ausencia de diferencias entre grupos excepto en ALH. Se encontró una alta correlación entre VCL, VSL y VAP con ALH ($p < 0,01$) y VCL, VSL, LIN, STR y ALH con BCF ($p < 0,01$ y $p < 0,05$). Además, VAP y WOB se correlacionaron con el porcentaje de motilidad no progresiva y motilidad total, respectivamente (Tabla 5).

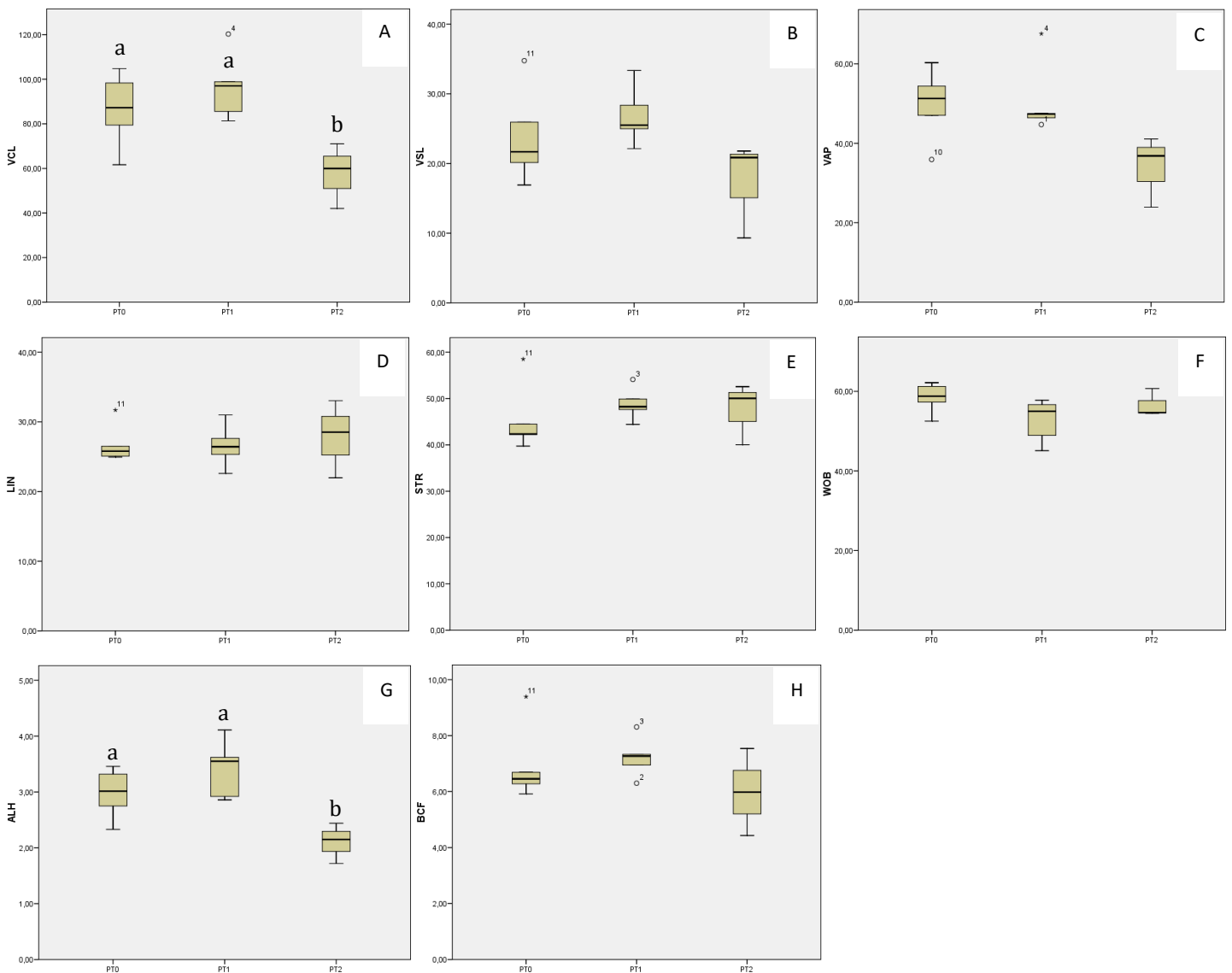


Figura 24. A-H. Diagrama de caja para los parámetros cinéticos de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica.

A. Velocidad curvilínea (VCL, $\mu\text{m/s}$), B. Velocidad rectilínea (VSL, $\mu\text{m/s}$), Velocidad media (VAP, $\mu\text{m/s}$), Linealidad (LIN = $VSL/VCL \cdot 100$, %), Rectitud (STR = $VSL/VAP \cdot 100$, %), Oscilación (WOB = $VAP/VCL \cdot 100$, %), Amplitud del

desplazamiento lateral de la cabeza (ALH, μm) y Frecuencia de batido (BCF, Hz). Diferentes letras en superíndice sobre las cajas ^(a,b) indican diferencias significativas al nivel de $p < 0,05$. PT0: Sin estimulación lumínica directa (EL0), PT1: Fotoperiodo con luz LED (EL1), PT2: Fotoperiodo con luz solar (EL2).

Tabla 5. Coeficientes de Pearson de parámetros cinéticos de espermatozoides cobayos

	VCL	VSL	VAP	LIN	STR	WOB	ALH	BCF
P. Vivo	-0,02	0	-0,02	0,11	0,03	0,07	0,03	0,17
P. Testicular	-0,21	0	-0,14	0,50	0,28	0,24	-0,19	0,20
Concent.	-0,03	-0,12	0,03	-0,13	-0,27	0,21	0,01	-0,08
M. Progresiva	-0,14	-0,31	0,03	-0,26	-0,53	0,49	-0,10	-0,41
M. No Progresiva	0,41	0,48	0,54 *	0,50	0,24	0,40	0,37	0,53
M. Total	0,26	0,23	0,43	0,26	-0,07	0,55*	0,25	0,21
VCL		0,90**	0,92**	0,10	0,31	-0,24	0,99**	0,61*
VSL			0,83**	0,50	0,66*	-0,22	0,84**	0,86**
VAP				0,19	0,15	0,15	0,86**	0,51
LIN					0,78**	0,23	0,01	0,71**
STR						-0,41	0,27	0,83**
WOB							-0,33	-0,21
ALH								0,55*

VCL: Velocidad curvilínea; VSL: Velocidad rectilínea; VAP: Velocidad media; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: Frecuencia de beat-cross. **: Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); *: Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

En la Tabla 3, también vemos otras características de calidad de espermatozoides: la vitalidad y la reacción positiva a la prueba hipoosmótica (HOST+) revelaron que la vitalidad de EL0 y EL1 eran significativamente más altas que EL2 ($p < 0,01$), tal como se aprecia en la Figura 25.A y Figura 25.B. Además, la tinción Coomassie Blue 0,22% (CB) mostró una variación de la intensidad de tinción atribuida a la integridad acrosómica. Encontramos un mayor porcentaje de espermatozoides con tinción acrosómica azul intenso (CB++; $p < 0,05$) en EL0 en comparación con EL1, pero similar a EL2 (Figura 25.C). Por el contrario, los espermatozoides en EL0 exhibieron un porcentaje menor de tinción acrosómica débil (CB+; $p < 0,01$) en comparación con EL1 y similar a EL2 (Figura 25.D). La Figura 25.E muestra los porcentajes de reacción total a la tinción CB (CB total) para integridad acrosómica, la cual varió entre grupos, sin diferencias entre EL0 y EL1, pero significativamente más altos que EL2 ($p < 0,05$). El índice de fragmentación del ADN

espermático (SDFI) fue mayor en EL2, pero no hubo diferencias entre EL0 y EL1 (Tabla 3 y Figura 25.F).

Encontramos que el porcentaje de HOST+ se correlacionó directamente con la tasa de vitalidad ($p < 0,05$) y con CB total ($p < 0,01$), pero la relación entre CB++ con CB+ fue significativamente inversa ($p < 0,01$) (Tabla 6). Por otro lado, el porcentaje de motilidad no progresiva y motilidad total se correlacionaron significativamente con HOST+ ($p < 0,01$), CB++ ($p < 0,05$) y CB total ($p < 0,01$). De la misma manera, HOST+ se correlacionó con VCL, VSL y VAP ($p < 0,01$), con ALH y BCF ($p < 0,05$), por lo que se puede considerar como un predictor adecuado de la funcionalidad espermática. Además, se observó una correlación del peso vivo de cobayos y la concentración espermática con CB total ($p < 0,05$). Finalmente, SDFI se correlacionó negativamente con muchas variables, ya que a mayor SDFI las otras variables se reducen (Tabla 6).

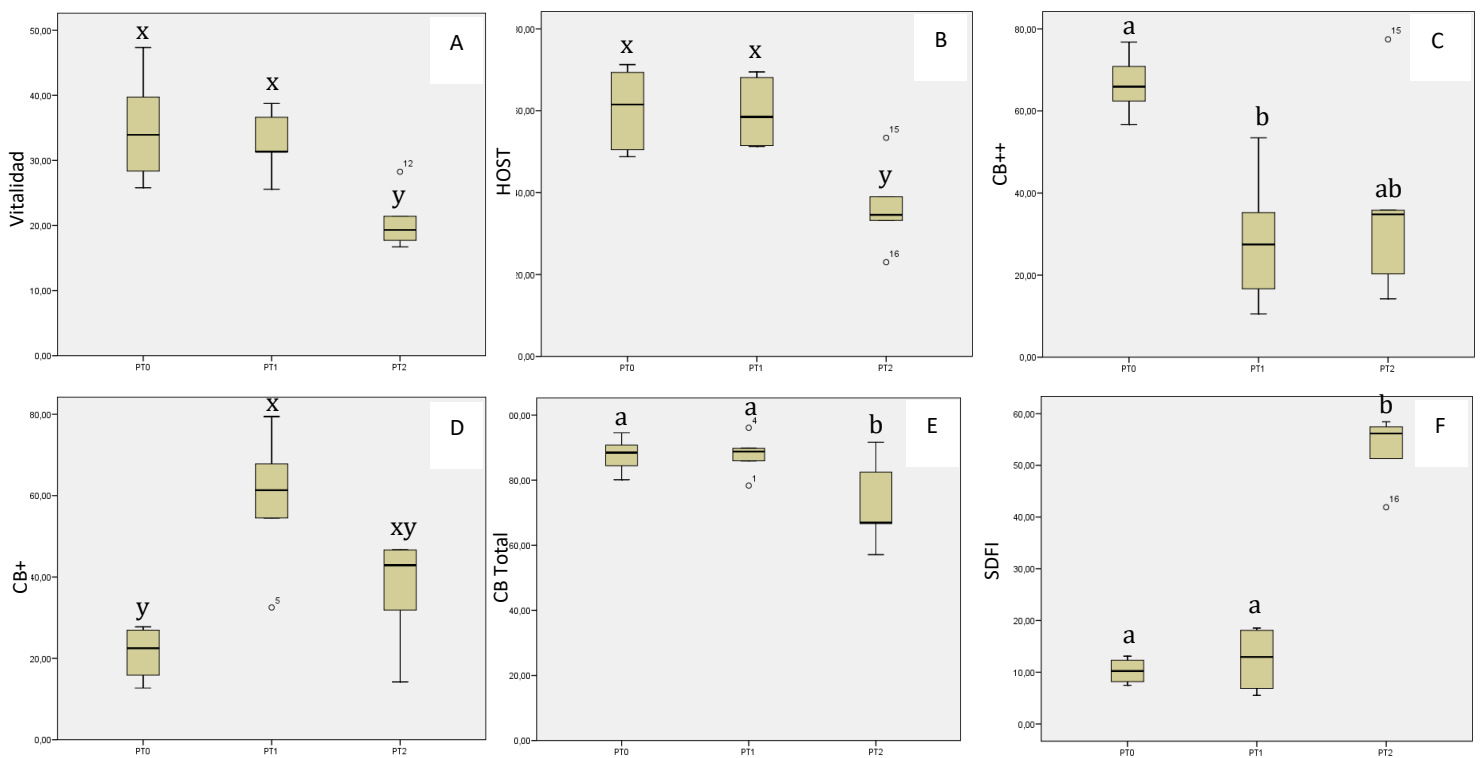


Figura 25. A-F. Diagrama de cajas para características de calidad espermática de espermatozoides epididimarios de cobayos, bajo diferente exposición lumínica. A. Vitalidad (%), B. Prueba de hinchazón hiposmótica (HOST, %), C. Tinción fuerte de CB (CB++, %), D. Tinción débil de CB (CB+, %), E. Tinción total de CB (CB total, %), F. Índice de fragmentación del ADN espermático (SDFI, %). Diferentes letras en superíndice sobre las cajas ^(a,b) indican diferencias significativas al nivel de $p < 0,05$ y ^(x,y) indican diferencias al nivel de $p < 0,01$. PT0: Sin estimulación lumínica directa (EL0), PT1: Fotoperiodo con luz LED (EL1), PT2: Fotoperiodo con luz solar (EL2).

Tabla 6. Coeficientes de Pearson de parámetros de calidad de espermatozoides cobayos

	Vitalidad	HOST+	CB++	CB+	CB Total	SDFI
P. Vivo	0,22	0,44	0,21	0,07	0,57*	-0,44
P. Testicular	-0,13	0,14	0,10	0,06	0,32	0,07
Concent.	0,46	0,47	0,17	0,11	0,57*	-0,72**
M. Progresiva	0,24	0,39	0,30	-0,08	0,49	-0,46
M. No Progresiva	0,39	0,81**	0,58*	-0,22	0,84**	-0,72**
M. Total	0,39	0,77**	0,56*	-0,20	0,84**	-0,70**
VCL	0,53	0,67**	-0,16	0,31	0,39	-0,81**
VSL	0,38	0,66**	-0,09	0,23	0,36	-0,63*
VAP	0,59*	0,69**	-0,01	0,19	0,51	-0,83**
LIN	-0,15	0,27	0,28	-0,23	0,23	0,17
STR	-0,19	0,25	-0,05	0,05	-0,01	0,24
WOB	0,14	0,11	0,53	-0,43	0,41	-0,15
ALH	0,49	0,65*	-0,20	0,34	0,36	-0,79**
BCF	0,24	0,63*	0,16	-0,05	0,36	-0,35
Vitalidad		0,56*	0,10	0,07	0,34	-0,78**
HOST+			0,40	-0,04	0,79**	-0,74**
CB++				-0,88**	0,52*	-0,20
CB+					-0,06	-0,18
CB Total						-0,68**

HOST+: Reacción positiva a la prueba de hinchazón hipoosmótica; CB++: tinción intensa con Coomassie Blue; CB+: tinción débil con Coomassie Blue; CB Total: tinción total con Coomassie Blue (CB++ y CB+). VCL: velocidad curvilínea; VSL: velocidad rectilínea; VAP: Velocidad media; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: frecuencia de beat-cross; SDFI: Índice de Fragmentación de ADN Espermático. **: Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); *: Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

Se determinaron 11 variables morfométricas en núcleo, acrosoma, pieza intermedia y cola, en aproximadamente 938 espermatozoides de 16 cobayos. Se encontraron diferencias significativas ($p < 0,01$) en la mayoría de parámetros según el tipo de exposición lumínica, a excepción del ancho de núcleo ($p > 0,05$) (Tabla 7). Los espermatozoides de cobayos de EL0 y EL1 no difirieron en longitud, elipticidad y elongación del núcleo, pero fueron mayores a los de EL2. Sin embargo, en los cobayos de EL1, los espermatozoides presentaron mayor perímetro y área nuclear que en los otros grupos; pero en EL0, la longitud de PI y longitud de cola fueron mayores que en los otros

grupos. La rugosidad y regularidad del núcleo fueron diferentes entre grupos, siendo mayores en EL0; así como el ancho de PI, que fue mayor en EL2.

Tabla 7. Parámetros morfométricos de espermatozoides cobayos bajo diferente exposición lumínica

Parámetros	EL0	EL1	EL2	Prueba K-W	SEM	CV
N	314	280	344			
Longitud núcleo (µm)	8,25 ^a	8,25 ^a	8,16 ^b	<0,01 **	0,013	4,72
Anchura núcleo (µm)	7,34	7,37	7,36	0,83	0,011	4,49
Perímetro núcleo (µm)	26,10 ^b	26,40 ^a	26,21 ^b	<0,01 **	0,033	3,86
Área núcleo (µm ²)	48,93 ^b	49,94 ^a	49,16 ^b	<0,01 **	0,123	7,64
Elipticidad	1,125 ^a	1,121 ^a	1,110 ^b	<0,01 **	0,002	5,28
Rugosidad	0,901 ^a	0,899 ^b	0,898 ^c	<0,01 **	0,000	1,05
Elongación	0,058 ^a	0,056 ^a	0,051 ^b	<0,01 **	0,000	47,83
Regularidad	0,972 ^a	0,957 ^c	0,961 ^b	<0,01 **	0,000	2,48
Perímetro acrosoma (µm)	33,83	33,98	33,56	0,05	0,113	8,35
Área acrosoma (µm ²)	79,11	79,92	77,98	0,05	0,569	18,04
Longitud de cabeza (µm)	12,25	12,31	12,31	0,68	0,035	6,41
Longitud de PI (µm)	11,45 ^a	11,17 ^b	11,14 ^b	<0,01 **	0,024	6,64
Anchura de PI (µm)	0,63 ^c	0,65 ^b	0,72 ^a	<0,01 **	0,003	17,97
Longitud de cola (µm)	89,66 ^a	88,72 ^b	89,43 ^b	<0,01 **	0,289	8,05

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. PI: Pieza intermedia; SEM: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación. Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b,c) indican diferencias significativas. **: Diferencia significativa al nivel p<0,01.

Además, con un total de 6950 espermatozoides se realizó la clasificación morfológica de acuerdo al estado del acrosoma, así como de las formas atípicas: micronúcleo, macronúcleo, piriformes, alargadas y lanceoladas, consideradas como anomalías morfológicas del núcleo (Tabla 8). No encontramos diferencias significativas (p>0,05) entre el porcentaje de espermatozoides de Tipo 1, Tipo 3 ni Tipo 4 entre los grupos de estimulación lumínica; pero si respecto a la morfología Tipo 2, donde en cobayos de EL2 se encontró mayor frecuencia de estos espermatozoides (p<0,05). La tasa de anomalías varió desde 0 hasta 8,95%, brindando un alto coeficiente de variación; sin embargo, no encontramos diferencias significativas entre grupos y las medias de estas anomalías no alcanzaron el 2%.

Tabla 8. Clasificación porcentual de morfología espermática de cobayos según estado acrosomal, bajo diferente exposición lumínica

Categoría	EL0	EL1	EL2	p-valor	SEM	CV
N	2903	2043	2004	-	-	-
Tipo 1 (%)	62,22	47,67	38,87	0,06	5,12	36,07
Tipo 2 (%)	7,27 ^a	11,53 ^{ab}	26,16 ^b	0,04*	3,93	90,87
Tipo 3 (%)	11,81	11,97	9,67	0,62	1,54	58,31
Tipo 4 (%)	18,70	28,83	25,30	0,50	3,88	68,28
Anormal (%)	1,84	1,64	1,50	0,81	0,55	141,00

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. SEM: Error estándar de la media, CV: Coeficiente de variación. *: Diferencia significativa al nivel $p < 0,05$.

Tabla 9. Parámetros morfométricos de espermatozoides cobayos según clasificación morfológica

Parámetros	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Prueba K-W	SEM	CV
N	447	194	101	196			
Longitud núcleo (μm)	8,211 ^{ab}	8,170 ^b	8,199 ^{ab}	8,279 ^a	0,03*	0,013	4,72
Anchura núcleo (μm)	7,301 ^b	7,424 ^a	7,375 ^a	7,406 ^a	<0,01**	0,011	4,49
Perímetro núcleo (μm)	26,081 ^b	26,342 ^a	26,313 ^{ab}	26,426 ^a	<0,01**	0,033	3,86
Área núcleo (μm^2)	48,730 ^b	49,709 ^a	49,578 ^{ab}	50,131 ^a	<0,01**	0,123	7,64
Elipticidad	1,126 ^a	1,102 ^b	1,113 ^{ab}	1,119 ^a	<0,01**	0,002	5,28
Rugosidad	0,899	0,899	0,899	0,901	0,15	0,000	1,05
Elongación	0,059 ^a	0,048 ^b	0,053 ^{ab}	0,056 ^a	<0,01**	0,001	47,83
Regularidad	0,967 ^a	0,959 ^b	0,959 ^b	0,962 ^b	<0,01**	0,001	2,48
Perímetro acrosoma (μm)	33,283 ^b	35,209 ^a	29,629 ^c	-	<0,01**	0,113	8,35
Área acrosoma (μm^2)	76,446 ^b	86,124 ^a	58,584 ^c	-	<0,01**	0,569	18,04
Longitud de cabeza (μm)	12,105 ^b	12,766 ^a	11,212 ^c	8,279 ^d	<0,01**	0,035	6,41
Longitud de PI (μm)	11,297 ^a	11,318 ^a	11,254 ^{ab}	11,086 ^b	<0,01**	0,024	6,64
Anchura de PI (μm)	0,665	0,673	0,685	0,666	0,41	0,004	17,97
Longitud de cola (μm)	89,201	88,715	89,342	90,011	0,06	0,289	8,05

PI: Pieza intermedia; SEM: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación. Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b,c,d) indican diferencias significativas. *: Diferencia significativa al nivel $p < 0,05$; **: Diferencia significativa al nivel $p < 0,01$.

En la Tabla 9 se observa los parámetros morfométricos según la clasificación morfológica del estado acrosomal. Se encontró diferencias significativas en todos los parámetros según cada categoría, a excepción de rugosidad del núcleo, anchura de PI y longitud de cola ($p>0,05$). Se observó una tendencia a mayores dimensiones de núcleo en espermatozoides del Tipo 4 y menores en Tipo 1. El fundamento de esta clasificación es la disposición del acrosoma, por ello se observa mayores perímetros y áreas de acrosoma, así como longitud de cabeza, en espermatozoides del Tipo 2 (expandido), seguido del Tipo 1, Tipo 3 y finalmente Tipo 4 (sin estructura acrosomal y por lo tanto con menor longitud de cabeza) ($p<0,01$). Sin embargo, según los coeficientes de Pearson los tipos de espermatozoides según esta clasificación no se correlacionaron con la mayoría de variables espermática, a excepción del Tipo 1 y Tipo 2 con la vitalidad espermática ($r = 0,57$ y $r = -0,51$, respectivamente). El tipo 1 está correlacionado negativamente con el Tipo 3 y Tipo 4, y el Tipo 3 se correlaciona positivamente con la mayor frecuencia de anomalías de núcleo espermático (Tabla 10).

Tabla 10. Coeficientes de Pearson de morfología espermática de cobayos y anomalías del núcleo

	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Anormalidades
P. Vivo	0,00	0,00	0,08	-0,03	-0,07
P. Testicular	-0,24	0,46	0,10	-0,11	-0,19
Concent.	0,22	-0,01	0,00	-0,28	0,14
M. Progresiva	0,29	-0,07	-0,16	-0,26	0,06
M. No Progresiva	-0,07	0,08	0,23	-0,08	0,05
M. Total	0,07	0,03	0,11	-0,17	0,06
VCL	0,21	-0,47	-0,09	0,24	-0,27
VSL	-0,05	-0,27	-0,00	0,34	-0,38
VAP	0,20	-0,39	-0,16	0,20	-0,21
LIN	-0,53	0,40	0,08	0,25	-0,34
STR	-0,45	0,14	0,12	0,40	-0,49
WOB	0,01	0,30	-0,09	-0,28	0,19
ALH	0,24	-0,48	-0,09	0,21	-0,28
BCF	-0,18	-0,01	0,26	0,15	-0,30
Vitalidad	0,57*	-0,51*	-0,06	-0,21	0,22
HOST+	0,27	-0,19	0,02	-0,17	-0,18
CB++	0,06	0,23	0,20	-0,40	0,14

CB+	-0,11	-0,19	-0,16	0,40	-0,06
CB Total	-0,08	0,16	0,15	-0,11	0,19
SDFI	-0,31	0,43	-0,03	-0,01	-0,24
Tipo 1		-0,61*	-0,38	-0,56*	-0,21
Tipo 2			0,11	-0,26	0,25
Tipo 3				-0,01	0,63*
Tipo 4					-0,24

HOST+: Reacción positiva a la prueba de hinchazón hipoosmótica; CB++: tinción intensa con Coomassie Blue; CB+: tinción débil con Coomassie Blue; CB Total: tinción total con Coomassie Blue (CB++ y CB+). VCL: velocidad curvilínea; VSL: velocidad rectilínea; VAP: Velocidad media; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: frecuencia de beat-cross; SDFI: Índice de Fragmentación de ADN Espermático. **: Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); *: Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

3.4. Relación: Desarrollo Somático, Calidad Espermática y Fertilidad

3.4.1. Fertilidad

Durante el período de exposición, cada cobayo macho se alojó con una hembra de la misma edad, para homogenizar el estímulo sexual. Al final del estudio, ninguna hembra de EL2 resultó preñada (0/5), mientras que todas las hembras de EL0 estuvieron preñadas (4/4) y solo la mitad de las hembras de EL1 estuvieron preñadas (2/4). Sin embargo, los partos en EL1 ocurrieron antes que en las hembras de EL0, mostrando mayor precocidad sexual para el inicio de la actividad reproductiva (Tabla 11).

Tabla 11. Variables de fertilidad de cobayos bajo diferente exposición lumínica

Variable	EL0	EL1	EL2	p-valor
N	4	4	5	
Tasa de preñez (%)	100,0 ^a	50,0 ^b	0,0 ^c	0,01*
N° de crías	1,5	3,0	-	0,13
Edad de parto (días)	152,5±4,2 ^b	129,5±4,2 ^a	-	<0,01**
Edad probable de empadre (días)	84,5±4,2 ^b	61,5±4,2 ^a	-	<0,01**

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b,c) indican diferencias significativas. *: Diferencia significativa al nivel $p < 0,05$; **: Diferencia significativa al nivel $p < 0,01$.

La prueba de Chi-cuadrado demostró asociación significativa de la tasa de preñez con la estimulación lumínica ($p < 0,05$), siendo mayor en EL0 y seguido de EL1. Sin embargo,

los partos y la edad probable de empadre en EL0 fueron significativamente más altos que en EL1 ($p < 0,01$), demostrando una mayor precocidad reproductiva en cobayos de EL1, con una diferencia aproximada de 23 días, entre ambos grupos, para la llegada de la madurez sexual y empadres exitosos.

3.4.2. Calidad espermática y fertilidad

Las variables de calidad espermática fueron correlacionadas con las de fertilidad y encontramos algunas relaciones significativas y altamente significativas en la Tabla 12. La tasa de preñez se correlacionó con las variables de motilidad (progresiva, no progresiva y total) así como con la velocidad media de los espermatozoides (VAP), con la vitalidad, HOST+, CB total y SDFI. Por otro lado, el número de crías fue correlacionado positivamente con el peso vivo, motilidad no progresiva, LIN, STR y BCF; y la edad probable de empadre negativamente con el peso testicular, motilidad no progresiva, VSL, LIN, STR, BCF, CB+ y espermatozoides que perdieron el acrosoma (Tipo 4), curiosamente CB++ se asoció positivamente con la edad probable de empadre.

Tabla 12. Coeficientes de Pearson entre variables de calidad espermática y fertilidad de cobayos

	Tasa de preñez	Nº de crías	Edad de empadre
P. Vivo	0,38	0,83*	-0,71
P. Testicular	-0,12	0,65	-0,99**
Concent.	0,33	0,70	-0,19
M. Progresiva	0,65*	-0,54	-0,01
M. No Progresiva	0,67*	0,88*	-0,82*
M. Total	0,73**	-0,10	-0,51
VCL	0,56	0,10	-0,48
VSL	0,46	0,58	-0,83*
VAP	0,70*	-0,02	-0,28
LIN	0,03	0,94**	-0,88*
STR	-0,22	0,89*	-0,92**
WOB	0,45	0,56	0,80
ALH	0,51	0,07	-0,48
BCF	0,28	0,92*	-0,89*
Vitalidad	0,67*	-0,03	0,26
HOST+	0,77**	0,60	-0,51

CB++	0,39	-0,59	0,95**
CB+	-0,11	0,56	-0,96**
CB Total	0,61*	0,10	-0,41
SDFI	-0,71**	0,67	-0,43
Tipo 1	0,25	-0,33	0,63
Tipo 2	-0,43	-0,21	-0,15
Tipo 3	0,06	0,08	-0,12
Tipo 4	0,08	0,57	-0,83*
Anormalidades	0,10	-0,55	0,37

VCL: Velocidad curvilínea; VSL: Velocidad rectilínea; VAP: Velocidad media; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: Frecuencia de beat-cross; HOST+: Reacción positiva a la prueba de hinchazón hipoosmótica; CB++: tinción intensa con Coomassie Blue; CB+: tinción débil con Coomassie Blue; CB Total: tinción total con Coomassie Blue (CB++ y CB+); SDFI: Índice de Fragmentación de ADN Espermiático. **: Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); *: Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

3.4.3. Desarrollo somático y fertilidad

El efecto del desarrollo del macho y de la hembra fue evaluado al correlacionar estas variables con la fertilidad, en la Tabla 13. En la tabla se presentan las variables del desarrollo de machos que mostraron alguna correlación significativa con las variables de fertilidad. Los incrementos de peso finales (semana 8 y 9) y peso de corazón fueron mejor correlacionados con el número de crías. Un mayor incremento de peso, peso de riñón y peso testicular podría asociarse a una menor edad probable de empadre, apoyada por las correlaciones negativas observadas.

Tabla 13. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático de cobayos macho y fertilidad

VARIABLES	Tasa de preñez	Nº de crías	Edad de empadre
Peso inicial	0,09	0,36	-0,45
Incremento de peso Sem. 1	-0,57*	-0,59	0,28
Incremento de peso Sem. 2	0,47	0,13	-0,11
Incremento de peso Sem. 3	0,11	0,74	-0,86*
Incremento de peso Sem. 4	0,39	-0,07	0,63
Incremento de peso Sem. 5	0,43	0,34	0,02
Incremento de peso Sem. 6	-0,06	0,47	-0,41
Incremento de peso Sem. 7	0,19	0,30	0,26

Incremento de peso Sem. 8	0,22	0,94**	-0,78
Peso corporal Sem. 9	0,31	0,88*	-0,70
Perímetro torácico Sem. 9	0,09	0,65	-0,44
Peso final	0,38	0,83*	-0,71
Peso de hígado	0,03	0,69	-0,66
Peso de corazón	-0,16	0,89*	-0,71
Peso de pulmón + tráquea	0,01	0,78	-0,78
Peso de riñón	0,16	0,60	-0,93**
Peso de bazo	-0,40	0,36	0,04
Peso de testículos	-0,12	0,65	-0,99**

** : Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); * : Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

Las hembras no fueron sacrificadas, por lo que se correlacionaron solo las variables de crecimiento con las variables de fertilidad (Tabla 14). Encontramos correlaciones negativas significativas entre el perímetro torácico en semanas iniciales con la tasa de preñez y el incremento de peso inicial con la edad de empadre. En las semanas posteriores las variables no mostraron correlaciones significativas.

Tabla 14. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático de cobayos hembra y fertilidad

Variables	Tasa de preñez	N° de crías	Edad de empadre
Peso inicial	-0,07	0,72	-0,63
Perímetro torácico Sem. 0	-0,58*	0,33	-0,05
Incremento de peso Sem. 1	0,37	0,77	-0,96**
Incremento de peso Sem. 2	0,13	0,67	-0,77
Incremento de peso Sem. 3	-0,36	-0,67	0,75
Incremento de peso Sem. 4	0,34	0,58	-0,79
Incremento de peso Sem. 5	0,26	-0,59	0,45
Incremento de peso Sem. 6	-0,26	-0,23	0,37
Incremento de peso Sem. 7	-0,47	0,74	-0,28
Incremento de peso Sem. 8	0,44	0,16	-0,58
Peso corporal Sem. 9	0,12	0,68	-0,61
Perímetro torácico Sem. 9	-0,09	0,42	-0,33

** : Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); * : Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

3.4.4. Desarrollo somático y calidad espermática

Algunas variables de calidad espermática pueden estar correlacionadas con el desarrollo somático de cobayos. Según la Tabla 15, el peso testicular tiene un crecimiento constante y paralelo al peso corporal, de igual forma, la concentración espermática se correlaciona significativamente con el peso corporal a partir de la semana 4.

La correlación de CB Total con el peso vivo se manifiesta desde las semanas iniciales. El peso final con las variables de motilidad y el peso testicular con espermatozoides de morfología Tipo 2. SDFI se correlacionó con porcentaje de hígado y corazón; sin embargo, la tendencia de correlación entre el porcentaje de órganos internos y las variables espermáticas, es negativa; como una mayor proporción de hígado con menores VCL, VSL, VAP y ALH, o proporción de corazón con motilidad no progresiva, total, VAP y CB Total.

Tabla 15. Coeficientes de Pearson entre variables de desarrollo somático y calidad espermática de cobayos

Variable	P. Vivo	P. Testic	Conce.	M. No Prog.	M. Total	VCL	VSL	VAP	LIN	STR	ALH	CB Total	SDFI	T2
Peso inicial	0,62*	0,46	0,19	0,28	0,27	-0,00	0,03	-0,04	0,16	0,21	0,03	0,38	-0,14	0,00
Peso Sem. 0	0,84**	0,52*	0,43	0,41	0,38	0,07	0,04	0,07	0,04	0,02	0,11	0,55*	-0,31	-0,01
Peso Sem. 1	0,87**	0,55*	0,54*	0,48	0,46	0,04	0,05	-0,00	0,07	0,11	0,09	0,60*	-0,35	0,05
Peso Sem. 2	0,81**	0,61*	0,48	0,42	0,39	-0,09	-0,04	-0,16	0,10	0,17	-0,02	0,55*	-0,24	0,16
Peso Sem. 3	0,86**	0,60*	0,58	0,49	0,48	-0,08	-0,07	-0,07	0,08	0,02	-0,02	0,62*	-0,35	0,22
Peso Sem. 4	0,90**	0,66**	0,54*	0,47	0,46	-0,01	-0,00	-0,02	0,10	0,06	0,06	0,57*	-0,31	0,17
Peso Sem. 5	0,92**	0,67**	0,55*	0,47	0,47	-0,07	-0,07	0,00	0,11	-0,06	-0,03	0,60*	-0,31	0,22
Peso Sem. 6	0,93**	0,67**	0,57*	0,48	0,49	-0,11	-0,12	-0,02	0,11	-0,11	-0,08	0,61*	-0,32	0,26
Peso Sem. 7	0,92**	0,71**	0,57*	0,46	0,48	-0,16	-0,14	-0,08	0,15	-0,07	-0,12	0,52*	-0,24	0,30
Peso Sem. 8	0,91	0,68**	0,54*	0,42	0,45	-0,16	-0,16	-0,09	0,10	-0,10	-0,12	0,49	-0,22	0,25
Peso Sem. 9	0,95**	0,70**	0,55*	0,46	0,47	-0,06	-0,03	-0,02	0,17	0,03	-0,02	0,54*	-0,25	0,19
Peso final	-	0,63*	0,64*	0,55*	0,53*	0,14	0,15	0,12	0,14	0,10	0,18	0,66**	-0,44	0,07
Peso testic.	0,63*	1,00	0,28	0,31	0,30	-0,10	0,13	-0,03	0,56*	0,36	-0,10	0,37	0,07	0,56*
Hígado (%)	0,18	0,37	0,02	-0,24	-0,20	-0,65*	-0,60*	-0,68**	-0,09	-0,14	-0,57*	-0,28	0,58*	0,47
Corazón (%)	-0,42	-0,15	-0,44	-0,59*	-0,60*	-0,53	-0,31	-0,64*	0,05	0,23	-0,51	-0,71**	0,72**	0,07
Pulm+traq (%)	-0,69**	-0,35	-0,60*	-0,38	-0,46	0,13	0,33	0,04	0,39	0,57*	0,09	-0,52*	0,47	-0,01
Riñón (%)	-0,23	0,32	-0,39	-0,25	-0,21	-0,01	0,18	-0,04	0,39	0,44	-0,02	-0,35	0,33	0,16
Testículos (%)	0,13	0,85**	-0,10	0,01	0,01	-0,20	0,09	-0,11	0,60*	0,41	-0,22	0,02	0,40	0,65*

VCL: Velocidad curvilínea; VSL: Velocidad rectilínea; VAP: Velocidad media; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; CB Total: tinción total con Coomassie Blue (CB++ y CB+). SDFI: Índice de Fragmentación de ADN Espermático. T2: Clasificación morfológica de espermatozoides de Tipo 2. **:

Correlación significativa al nivel $p < 0,01$ (bilateral); *: Correlación significativa al nivel $p < 0,05$ (bilateral).

3.4.5. Agrupación de variables

Debido a la gran cantidad de variables evaluadas en el desarrollo somático y calidad espermática, realizamos el análisis multivariado de componentes principales para agruparlas. Las matrices no fueron definidas como positivas y encontramos una varianza total acumulada de 92,94% con siete componentes en el crecimiento corporal (Tabla 16). En la que, según la matriz de componentes rotados, el componente 1 concentra los pesos corporales, perímetro torácico y consumo de alimento de todas las semanas, en tanto que, el incremento de peso y la conversión alimenticia se distribuyen en los otros componentes.

Tabla 16. Varianza total explicada para crecimiento corporal de cobayos

Componente	Auto-valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	26,233	58,296	58,296
2	4,379	9,731	68,026
3	3,486	7,747	75,773
4	2,468	5,485	81,258
5	2,030	4,511	85,770
6	1,810	4,023	89,792
7	1,416	3,147	92,939

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

Tabla 17. Varianza total explicada para productividad y peso de órganos de cobayos

Componente	Auto-valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	5,799	34,109	34,109
2	3,178	18,694	52,804
3	2,361	13,889	66,693
4	2,139	12,583	79,276
5	1,525	8,971	88,248

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

La varianza total acumulada en el peso de órganos asciende a 88,25% explicada con cinco componentes (Tabla 17), donde el peso final, canal caliente, rendimiento, hígado y porcentaje de pulmón + tráquea conforman el componente 1; riñón, testículo y pulmón + tráquea al componente 2, corazón y porcentaje de hígado al componente 3, vesícula al componente 4 y bazo al componente 5.

La calidad espermática es explicada a través de seis componentes, alcanzando una varianza total acumulada de 92,96% (Tabla 18). En el componente 1 se encuentra los parámetros cinéticos y variables básicas de calidad, en el componente 2 los índices del tipo de movimiento (LIN, STR y BCF) así como el peso vivo y testicular. En el componente 3 las variables de motilidad y CB total, y en el componente 4 CB++, CB+ y WOB. En los componentes 5 y 6 se encuentran los tipos de morfología espermática.

Tabla 18. Varianza total explicada para calidad espermática de cobayos

Componente	Auto-valores iniciales		
	Total	% de la varianza	% acumulado
1	8,399	33,597	33,597
2	5,333	21,333	54,930
3	4,295	17,180	72,110
4	1,979	7,915	80,025
5	1,742	6,968	86,993
6	1,491	5,963	92,956

Método de extracción: Análisis de Componentes principales.

IV. DISCUSIÓN

4.1. Desarrollo y rendimiento productivo

Este es un primer reporte del estudio del efecto del fotoperiodo en el desarrollo de cobayos con fines productivos. Aparentemente no encontramos efecto significativo de tres tipos de estimulación lumínica (fotoperiodo con luz LED 14L/10D, fotoperiodo con luz solar 14L/10D, sin estimulación lumínica directa) sobre los valores finales de peso vivo, circunferencia de tórax, incremento de peso o conversión alimenticia. A excepción de algunas semanas, donde un fotoperiodo artificial mostró una mejoría en perímetro torácico de hembras, contrario a los resultados hallados en los cobayos en un fotoperiodo con luz solar (S1, S3 y S6), el peso vivo en machos (S2) o un mayor incremento de peso también en machos (S1). En la literatura ya existen reportes de la influencia de regímenes fotoperiódicos, pero enfocados en el comportamiento y reproducción de cobayos. Los cambios de fotoperiodo son señales estacionales confiables para los animales, y estos pueden estimar la época del año gracias a este cambio en la duración del día; respondiendo con: alteraciones en la tasa de crecimiento, metabolismo, función inmunológica o actividad reproductiva (Guh et al., 2019). Según Guenther et al. (2014), los cobayos nacidos en un ambiente con fotoperiodo de condiciones favorables (fotoperiodo mayor en primavera, verano) podrían madurar más temprano y con un menor peso que animales nacidos en condiciones indicadas como desfavorables (fotoperiodo corto en otoño, invierno). En especies de reproducción estacional, el fotoperiodo es una señal ambiental de óptimas condiciones de temperatura y abundancia de alimentos para la cría de la descendencia. La incidencia en la retina del ojo de los mamíferos podría desencadenar la respuesta de la glándula pituitaria mediante la *pars tuberalis* (Nakane y Yoshimura, 2019) para la sincronización con los órganos secretores involucrados en la actividad reproductiva. La melatonina es responsable de la síntesis de la Hormona Estimulante de la Tiroides (TSH) en la *pars tuberalis*, que también regula la síntesis de la hormona tiroidea y ácido retinoico en los tanicitos del hipotálamo. La falta de señalización de la hormona tiroidea podría ocasionar apoptosis, conllevando a reducción del consumo de alimento y peso corporal (Helfer et al., 2019). En ese sentido, los cobayos macho nacidos en condiciones simuladas de primavera crecieron más rápido y maduraron a una edad más temprana que cobayos nacidos en condiciones que simulaban el otoño. De la misma manera, aunque Bauer et al. (2008) no hallaron influencia de un fotoperiodo estático en el desarrollo somático y reproductivo de cobayas hembra domésticas, si reportaron un

crecimiento temprano y maduración precoz en los machos sometidos a fotoperiodo 16L/8D respecto a un fotoperiodo 8L/16D, mediante el fuerte incremento de concentración de testosterona. En este estudio, EL0 no contaba con estímulo lumínico directo, a diferencia de EL1 y EL2 que tenían fotoperiodos definidos como 10L/14D en ambos, pero de diferente fuente; y observamos menor peso vivo (S1-S7 y S9) e incremento de peso (S1, S3, S6 y S8) en el grupo de cobayos EL0, aunque no fueron significativos. La testosterona juega un papel fundamental en el desarrollo de tejidos reproductivos masculinos, como testículos, así como de características sexuales secundarias (Bauer et al., 2008). Sin embargo, el origen genético y el tipo de alimentación suministrada, homogénea en todos los grupos, podrían disminuir este efecto de fotoperiodo para estas mediciones en los cobayos. La conversión alimenticia refleja la eficiencia del incremento de peso en función al alimento consumido. Los cobayos de EL0 fueron inicialmente más eficientes para convertir el alimento consumido en peso vivo (S2, S4 y S5), seguidos por los de EL2 (S1, S2, S6 y S7), y los cobayos de EL1 solo tuvieron mayor eficiencia en S9, teniendo menos incrementos respecto a un mayor alimento consumido; sin embargo, en ninguna semana se evidenciaron diferencias significativas para esta variable.

El fotoperiodo es usado ampliamente como programas de iluminación en pollos de carne, ya que es capaz de modificar el comportamiento del consumo de alimento, mejorar su salud debido a la restricción temprana de alimento, mayor actividad de las aves, mayor producción de andrógenos, cambios en el metabolismo, entre otros (Duve et al., 2011; Lewis et al., 2009). Se demuestra su utilidad y la sensibilidad en estudios como el de Downs et al. (2006) que compararon un régimen fotoperiódico decreciente-creciente y uno estático (23L/1D), observando reducción del consumo de alimento y crecimiento corporal temprano en el primer grupo; Fidan et al. (2017) no encontraron efecto significativo del fotoperiodo sobre el rendimiento de canal fría, pero si respecto a la intensidad de luz, donde fue menor en aves sometidas a luz tenue respecto a luz brillante (20 lux); o Scheideler (1990) que no encontraron influencia de la reducción del 75 al 80 % de intensidad de luz sobre el peso corporal, conversión alimenticia o tasa de mortalidad de 170 000 aves hasta los 48 días, pero constituyó un ahorro de energía y estrés en los animales. El manejo del estrés mediante el fotoperiodo podría no tener un incentivo en el incremento de peso, pero si en un ahorro de energía sin sacrificar los rendimientos productivos, por eso Çoban et al. (2014) compararon fotoperiodos de 16L/8D, 24L/0D y

auto-fotoperiodo (por elección de las aves), y no encontraron diferencias en el consumo de alimento, conversión alimenticia, rendimiento de canal ni peso de órganos internos. En nuestro estudio, la intensidad de luz fue mayor en EL2 seguida de EL1 y luego EL0. La regulación del fotoperiodo en mamíferos probablemente no es igual que en aves, por ejemplo, la melatonina en mamíferos no necesariamente involucra la estacionalidad reproductiva de las aves; sin embargo, la TSH derivada de la *pars tuberalis*, en la glándula pituitaria, es el principal factor que regula la estacionalidad en ambos tipos de animales (Nakane y Yoshimura, 2019) y por lo tanto su desarrollo.

En cobayos machos de tres meses, los parámetros productivos varían ampliamente entre reportes debido a la heterogeneidad en las metodologías y presentación de canales. Hernández (2015) obtuvo 993,2 g peso vivo al sacrificio, 512,8 g peso de canal caliente haciendo un 51,67 % rendimiento de canal caliente (sin considerar cabeza ni patas), y quintos cuartos como hígado 32,88 g (3,31 % respecto al peso vivo al sacrificio), pulmones + tráquea 9,87 g (0,99 %), bazo 2,54 g (0,26 %), corazón 4,46 g (0,45 %) y riñones 9,54 g (0,96 %). Por su parte, Remache (2016) reportó 934,42 g peso vivo al sacrificio, 491,68 g peso de canal caliente y 52,48 % rendimiento de canal caliente, además de hígado 26,60 g (2,86 %), pulmones + tráquea 6,86 g (0,74 %), bazo 1,85 g (0,20 %), corazón 3,77 g (0,41 %) y riñones 8,86 g (0,96 %), en el mismo tipo de animales. Sánchez-Macías et al. (2018) sostienen que el peso de la canal de cobayos oscila de 237 a 893 g y los rendimientos de canal de 34,8 a 73,4 %, por ello Sánchez-Macías et al. (2019) reportaron 896 ± 108 g peso vivo, 578 ± 83 g peso de canal caliente y $64,3 \pm 3,9$ % rendimiento de canal, pero no especifican la edad de los sujetos. Lammers et al. (2009) reportan 63,6 % de rendimiento de canal a los 90 días de edad, y a los 30 días de edad Mustafa et al. (2019) encontraron 844,7 g de peso vivo, consumo de alimento 51 g/d, incremento de peso diario 11,7 g, conversión alimenticia 4,40, peso de sacrificio 888,5 g, peso de canal caliente 812,3 g, rendimiento 67,4 %, hígado 30,1 g, riñones 9,4 g y pulmones 6,4 g, en cobayos machos con 16L/8D de régimen fotoperiódico y 19 a 25 °C de temperatura ambiental. Nuestros pesos de sacrificio, canal y rendimiento son mayores a los reportes ya que realizamos la evaluación a los $107 \pm 9,8$ días de edad, y se consideró patas y cabeza en el cálculo; pero los porcentajes de quintos cuartos son similares.

No encontramos efecto significativo de EL sobre los pesos corporales, rendimiento ni quintos cuartos; sin embargo, los porcentajes de hígado, corazón y testículos si difirieron entre grupos ($p < 0,05$), donde en EL2 y EL1 los valores fueron mayores. El efecto del

estímulo lumínico no fue significativo en el consumo de alimento, sin embargo, en todos los casos se ofreció una ración proporcional que excedía su consumo diario, dando la posibilidad de expresar el mayor crecimiento posible. Cobayos machos sometidos a un fotoperiodo 8L/16D versus un fotoperiodo de 16L/8D lograron pesos menores, así como inhibición en el crecimiento somático y testicular en ratas en las mismas condiciones de fotoperiodo (Bauer et al., 2008; Heideman y Sylvester, 1997). Según Guh et al. (2019), un pulso de luz administrado en un momento específico del día es capaz de inducir el crecimiento testicular (fase fotoinducible), pero el mecanismo aún no está claro. El mayor crecimiento testicular podría estar relacionado a las mayores concentraciones de testosterona en sangre de especies con reproducción estacional y no estacional influenciadas por fotoperiodo (Bauer et al., 2008; Guenther et al., 2014; Zarazaga et al., 2010; Santiago-Moreno et al., 2005; Sancho et al., 2004).

4.2. Parámetros de la carne

Durante la conversión del tejido muscular en carne, el cese de la circulación sanguínea dará inicio a una serie de reacciones bioquímicas anaeróbicas, como la transformación del glucógeno muscular en ácido láctico, contribuirán al descenso del pH muscular y así reducir el crecimiento de microorganismos (Nakandakari et al., 2014; Quispe et al. 2019). El pH es uno de los parámetros más importantes que definirán la calidad, características organolépticas y conservación de la carne, ya que generalmente una carne con $\text{pH} \leq 5,8$ tendrá una acidez capaz de reducir la proliferación de microorganismos, pero un $\text{pH} > 6,4$ la hará más susceptible a la rápida descomposición (Warriss, 2003). Sánchez-Macías et al. (2019) determinaron el pH de cuatro diferentes músculos de cobayo (*longissimus thoracis et lumborum*, *triceps braquii*, *quadriceps femoris* y *psoas major*), donde el pH a las 24 horas osciló entre 6,10 a 6,27 y el rigor mortis duró desde las 5 a 15 horas; aunque Jurado-Gámez et al. (2016) obtuvieron valores más bajos de pH a las 16 horas (5,42) en cobayos sometidos a 12 horas de ayuno. Según la Norma Técnica Peruana, el pH de carne de cobayos debería fluctuar entre 5,5 – 6,4 (INDECOPI, 2006). En otros animales de abasto, generalmente el pH a las 0 horas *post mortem* en *longissimus dorsi et lumborum* está por encima de 6,4 y puede descender hasta $5,69 \pm 0,22$ a las 24 horas en bovinos (Quispe et al., 2019); sin embargo, los valores bibliográficos en este tiempo de evaluación están por encima de pH 6,0. Los altos niveles de pH en carne de cobayo pueden detener la glucólisis *post mortem*, posiblemente debido a deficiencia de ADP o glucógeno, contribuir al crecimiento microbiano y reducir su vida útil. En otras especies, el glucógeno

y el lactato muscular en la etapa *post mortem* pueden ser afectados por factores como raza, dieta, tipo de musculo y el manejo *peri mortem* (ayuno o estrés) (Choe et al., 2008); en el caso de los cobayos al ser animales muy nerviosos, el transporte y beneficio podría causar estrés adicional, agotando rápidamente la concentración de glucógeno muscular antes del sacrificio y comprometiendo el descenso del pH (Sánchez-Macías et al., 2018). En este estudio, los valores de pH a las 8 horas fluctuaron entre 5,88 y 5,94, y a las 24 horas entre 5,84 y 5,90 posiblemente debido a que el tiempo de transporte demoró menos de 15 minutos y el sacrificio 30 segundos. Por ello, Velazco (2000) sostiene que la carne de cobayo obtenida de manera convencional no genera los cambios organolépticos de otros animales de abasto como carnes pálidas, suaves y exudativas (PSE) u oscuras, firmes y secas (DFD).

No encontramos diferencias significativas de pH entre grupos de exposición lumínica ($p > 0,05$). Fidan et al. (2017) no encontraron influencia de un fotoperiodo continuo (23L/1D) y un fotoperiodo decreciente-creciente (23L/1D, 14L/10D, 23L/1D) en el pH 24 horas de pollos de carne (promedio pH 6,22). De igual forma, Çoban et al. (2014) encontraron sensibilidad en pollos de carne sometidos a fotoperiodo 16L/8D en pollos de carne, alcanzando pH 24 horas más bajo que uno de 24L/0D. Las aves podrían ser más susceptibles al fotoperiodo y a la intensidad de la estimulación lumínica, ya que la exposición a una luz tenue genera pH final más bajo que una luz de 20 lux (6,12 vs 6,25), debido al estrés que produce una luz tenue.

El color depende de la cantidad de pigmento mioglobina en el músculo y es un parámetro determinante para la preferencia del consumidor. Remache (2016), además de determinar el pH 24 horas en *longissimus dorsi* (5,93) y *psaos mayor* (6,00), evaluaron el color en carne de cobayos macho de 3 meses a las 24 horas en *rectus abdominis*, obteniendo valores de 14,25 en a^* , 8,84 en b^* , 50,05 L^* , 16,64 en Chroma y 32,08 en HUE. Nuestros hallazgos son similares en L^* , pero superiores en a^* (más rojo) e inferiores en b^* (menos amarillo), Chroma (mayor saturación) y HUE (mayor proporción de rojo/amarillo) a las 8 horas de evaluación en músculo *external oblique* y *rectus abdominis*. La carne de cobayos de EL2 alcanzó valores más altos de a^* ($p < 0,05$), b^* , Chroma y HUE ($p < 0,01$), que indica una carne más roja, amarilla y de mayor saturación del color, mientras que no hubo diferencias entre el color en EL0 y EL1. Probablemente en EL0 y EL1, el nerviosismo, transporte o sacrificio, generó estrés y en consecuencia carnes más pálidas y mayores pérdidas por goteo (*drip loss*) que en EL2. Episodios estresantes justo antes

del sacrificio, promueven la secreción de catecolaminas, estimulando aceleradamente el metabolismo del glucógeno y acumulación de ácido láctico muscular. Las membranas lisosomales se desestabilizan y liberan proteasas, catepsinas y glucuronidasas, que se traducirán en desnaturalización proteica, mayor liberación de agua y carnes más pálidas (Calkins et al., 1987; Foury et al., 2011; Hernández et al., 2013; Quispe et al., 2019). Sin embargo, en EL2 algún factor de estrés pudo generar una condición que resultó en una carne con tono más rojo, amarillo y saturación de color, y bajas tasas de pérdidas por goteo. Toledo y Vargas (2016) diferencian un estrés crónico y agudo, donde el estrés crónico se caracteriza por menor descenso de pH por limitadas reservas glucogénicas y en consecuencia carnes con tono más oscuro y seco. En EL2 se registraron los mayores picos de temperatura ambiental e índice temperatura-humedad ($33,8^{\circ}\text{C}$ y $81,0$ versus $32,65^{\circ}\text{C}$ y THI $81,8$ en PT0, y $32,75^{\circ}\text{C}$ y THI en PT1) debido fotoperiodo con luz solar, lo que podría explicar algún nivel de estrés térmico en estos animales. Sin embargo, mayores estudios son necesarios para establecer parámetros estándar de color, *drip loss* y otros parámetros de la carne de cobayos, ya que son aún limitados (Dalle Zotte y Cullere, 2019). En pollos de carne, los parámetros de color oscilan de 52,5 a 54,4 para L^* , de 1,04 a 5,04 para a^* y de 5,95 a 10,94 para b^* ; Fidan et al. (2017) y Çoban et al. (2014) no encontraron influencia significativa de diferentes regímenes fotoperiódicos.

Nuestros hallazgos de humedad son similares a los reportes Higaonna et al. (2008) quienes encontraron $74,18 \pm 1,99$ % de humedad, $25,82 \pm 1,99$ % de materia seca en carne de cobayos de genotipos Perú, Andino, Inti, Inka, Merino y Criollo; y Flores-Mancheco et al. (2017) hallaron humedades de 72,83 a 75,84 %. No encontramos diferencias significativas de porcentaje de humedad entre grupos de exposición lumínica.

4.3. Calidad espermática y fertilidad

En este estudio se evaluó el efecto de diferente exposición lumínica (fotoperiodo con luz LED o EL1, fotoperiodo con luz solar o EL2, y sin exposición lumínica directa o EL0) sobre los parámetros espermáticos de cobayos, donde la mayoría de estos fueron menores en EL2. Los valores de concentración espermática y motilidad total en EL0 son superiores a los reportados por Ayala Guanga et al. (2017) ($418,0 \pm 57,0 \times 10^6/\text{mL}$ y $58 \pm 5,39$ %), menor motilidad total que Rodríguez et al. (2016) (95 %) y una concentración mayor que Ferdinand et al. (2014) ($149,85 \pm 5,07 \times 10^6/\text{mL}$) para espermatozoides epididimarios de cobayos. Nuestros hallazgos son más altos que los reportados por Meza et al. (2018) ($43,87 \pm 19,68 \times 10^6/\text{mL}$ y $49,49 \pm 10,54$ %), Cabeza et al. (2021) ($47,33 \times 10^6/\text{mL}$ y

69,40 %) y Benavides et al. (2020) ($36,7 \pm 28,4 \times 10^6/\text{mL}$) para espermatozoides obtenidos por electroeyaculación, aunque estos últimos reportaron mayor motilidad ($90,86 \pm 6,64$ %) que nuestro estudio. En EL1, el peso vivo, peso testicular y concentración espermática fueron más altos que en EL0, aunque no significativamente. En mamíferos, la retina del ojo es la única estructura fotorreceptora, y la secreción de melatonina durante la noche codifica la información de la duración del día, regulando la cascada de señalización hormonal de la TSH de la *pars tuberalis* en la glándula pituitaria (Guh et al. 2019). En especies de cría estacional (ovino o caprino), se ha demostrado el efecto fotoperiódico sobre los niveles de testosterona, volumen testicular y concentración espermática (Santiago-Moreno et al., 2005; Zarazaga et al., 2010), atribuido al aumento de la secreción de melatonina debido a la reducción de la duración del día y la intensidad de la luz en la retina del ojo (Lincoln, 1992; Koziol et al., 2020). La melatonina cumple el rol de mensajero hormonal en la relación ambiente-animal para la reproducción de mamíferos, ya que sus receptores se encontraron en órganos reproductores y espermatozoides (Correa y Fernández, 2017). Los cobayos podrían ser sensibles al fotoperiodo, tal como lo documentaron Bauer et al. (2008) y Trillmich et al. (2009). En estos estudios, el efecto del estímulo lumínico con fotoperiodos largos de hasta 14 y 16 horas, lograron pubertades tempranas. Bauer et al. (2008) encontraron una pubertad más precoz y picos de testosterona sérica más tempranos en un régimen de 16L/8D, en comparación con un régimen de 8L/16D. En nuestro estudio, el inicio de la actividad sexual y preñeces exitosas ocurrieron más pronto en EL1 (fotoperiodo con luz LED 10L/14D) que en EL0 (sin estimulación de lumínico directo). Sin embargo, en un fotoperiodo con luz solar (EL2), los parámetros de concentración y motilidad de los espermatozoides fueron menores. En EL2 se utilizó un régimen fotoperiódico también de 10L/14D, similar a EL1, pero se estableció con el uso de luz solar.

En EL2, la incidencia directa de radiación solar fue solo aproximadamente de 8:00 a 10:00 am, y solo en el 20 % de la superficie de cada jaula. El resto del día, las ventanas permanecieron abiertas (hasta las 18:00) pero sin incidencia directa de radiación solar; alcanzando picos de temperatura más altos en EL2 ($33,8$ °C) en comparación con EL1 ($32,75$ °C) y EL0 ($32,65$ °C). Se determinó el Índice de Temperatura-Humedad (THI) para estimar el estrés térmico en base a los registros de temperatura ambiental y humedad relativa. Se obtuvieron picos de 81,0, 81,6 y 81,8 en EL2, EL1 y EL0, respectivamente. Según Thom (1959), los valores de THI de 80 a 89 se definen como experiencias de estrés

severo en el ganado bovino; sin embargo, estos índices fueron más altos en EL0 y EL1; por lo que la ecuación tendría que ser ajusta a la estrategia termorreguladora de los cobayos. Probablemente los cobayos de EL2 experimentaron frecuentes episodios de estrés térmico causados por la temperatura generada por luz solar, lo que explicaría la reducción en la concentración espermática, motilidad y parámetros cinéticos. Las altas temperaturas ambientales diarias en cobayos pueden alterar la termorregulación a nivel escrotal, generando estrés térmico y consecuentemente impactos negativos sobre la espermatogénesis y la calidad seminal, como menor concentración espermática, menor motilidad individual, mayor tasa de espermatozoides anormales e incluso alteración del ADN (Ngoula et al., 2017; Durairajanayagam et al., 2014). En espermatozoides de conejo, temperaturas in vitro de 42 °C redujeron los valores de motilidad total, VCL y VAP (Sabés-Alsina et al., 2016). En nuestro estudio, los picos de temperatura alcanzados al mediodía (33,8 °C en EL2 en comparación con la temperatura escrotal óptima de 32,5 °C) probablemente fueron capaces de comprometer la funcionalidad de los espermatozoides.

En cuanto a los parámetros cinéticos espermáticos, en EL1, VCL, VSL, VAP, STR, ALH y BCF fueron superiores a EL0, aunque no significativamente. Los parámetros cinéticos son medidas del vigor del movimiento progresivo de los espermatozoides (ChaithraShree et al., 2020). La tasa de fertilidad puede correlacionarse positivamente con VCL, VSL y VAP (Verstegen et al., 2002). Además, una velocidad eficiente, LIN superior a 50 % y ALH de 4,8 µm se relacionan con un aumento de la migración y penetración del moco cervical por los espermatozoides de caprino (Cox et al., 2006). En nuestro estudio, la fertilidad fue mayor en EL0, pero en EL1, las preñeces fueron más tempranas. Además, debido al efecto sincronizador del fotoperiodo en la secreción endógena de melatonina, en un estudio se suplementó melatonina en espermatozoides bovinos in vitro y se encontró un impacto positivo en la motilidad y velocidad espermática. Esto se debe a la estimulación del influjo celular de Ca^{2+} regulado por la calmodulina presente en la cabeza y zonas flagelares de los espermatozoides, que influye en el citoesqueleto y la concentración de ATP intracelular (ChaithraShree et al., 2020; Tash y Means, 1983; Perumal et al., 2016).

Las pruebas de vitalidad espermática pueden revelar si un espermatozoide inmóvil tiene o no una membrana funcional. En nuestro estudio, las tasas de vitalidad por tinción con eosina-nigrosina de los espermatozoides del epidídimo son más bajas que las reportadas

por Ayala Guanga et al. (2017) ($60,2 \pm 4,0$ %) y Cabeza et al. (2021) ($72,65 \pm 8,19$ %, obtenido por electroeyaculación). Del mismo modo, Mutwedu et al. (2021) informaron altas tasas de reacción HOST+ en los espermatozoides del epidídimo ($74,66 \pm 9,68$ %). Entre EL0 y EL1 no hubo diferencias significativas, pero en EL2 se encontraron menores tasas de vitalidad y HOST+. Creemos que EL2 experimentó estrés térmico y que la viabilidad y la fertilidad de los espermatozoides se vieron afectadas negativamente, ya que la baja motilidad también se correlacionó fuertemente con HOST+, pero aún se requieren más investigaciones. La tinción supravital mide la integridad física de la membrana plasmática, mientras que el HOST evalúa su integridad funcional (Sánchez y Zamora, 2016). La integridad funcional óptima de la membrana plasmática de los espermatozoides juega un papel clave durante la capacitación, reacción acrosómica y fertilización (Rota et al., 2010). Debido a la variación de la estimulación lumínica (fotoperíodo), se pueden producir alteraciones en la secreción de testosterona y, en consecuencia, cambios en la espermatogénesis (Anderson et al., 1998) y el proceso de maduración, suponemos que esto podría estar sucediendo en nuestro estudio, ya que en EL1 las preñeces fueron precoces en comparación con EL0, a pesar de la ausencia de diferencias estadísticas significativas en el espermiograma de ambos grupos.

En EL2 también se encontró índice de fragmentación de ADN espermático (SDFI) más alto que EL0 y EL1, y podríamos atribuirlo al efecto adverso del estrés térmico sobre la temperatura escrotal. El estrés térmico puede inducir apoptosis en las células germinales y disfunción de la espermatogénesis debido a un aumento de la temperatura escrotal en cobayas y ratones. Además, el estrés oxidativo podría conducir a la degradación del ADN y, por lo tanto, a la degradación del ADN del espermatozoide (Ngoula et al., 2017; Dantzer y Kelly, 1989).

Estudios andrológicos previos ya han utilizado la tinción Coomassie Blue para evaluar la integridad del casquete acrosómico de los espermatozoides de camélidos (Fumuso et al., 2014; Carretero et al., 2018). En comparación a este estudio, Benavides et al. (2020) encontraron ausencia acrosómica de $6,51 \pm 6,3$ %. Encontramos un mayor porcentaje de patrón de tinción acrosomal intensa (CB++) en EL0 que en EL1. Por el contrario, el patrón de tinción débil (CB+) fue mayor en EL1 que en EL0. Kim et al. (2001) clasificaron los espermatozoides de cobaya según los dominios acrosómicos, que varían según el estado de liberación de proteínas del acrosoma o exocitosis. El Coomassie Blue es un colorante aniónico que tiene afinidad por elementos proteínicos como las enzimas acrosómicas, por

lo que podría ser un indicador del estado de exocitosis en la matriz acrosómica de los espermatozoides del cobayo. El patrón de tinción CB++ podría ser indicativo de integridad de la matriz acrosómica y el compartimento soluble, clasificados por Hardy et al. (1991) en tres dominios morfológicos del acrosoma (M1, M2 y M3); y Clase 1 según el modelo de estados de transición para liberación de proteínas acrosómicas en cobayos de Kim et al., (2001) y Kim et al., (2011). Por otro lado, CB+ parece indicar el inicio de la liberación de contenido acrosómico, ya que observamos menor intensidad de tinción, expansión del acrosoma e incluso remanentes de contenido y de matriz acrosómica alrededor del núcleo, coincidiendo con la Clase 2 y Clase 3 del modelo de los estados de transición. El proceso exocitótico probablemente fue más temprano en EL1 que en EL0, lo que podría explicarse por un efecto de variación del fotoperiodo sobre la secreción de testosterona y la espermatogénesis (Anderson et al., 1998), así como por precocidad reproductiva y las tasas de preñez encontradas en este estudio. Aunque, ChaithraShree et al. (2020) también informaron de efectos adversos de una concentración excesiva de melatonina sobre la membrana plasmática y la integridad acrosómica en bovinos; por lo que son necesarios más estudios relacionados a la estructura y función acrosómica de los espermatozoides cobayos sometidos a variación fotoperiódica.

Es importante recordar que la reacción acrosómica permite la penetración de los espermatozoides en la zona pelúcida durante la fertilización del ovocito. Este proceso implica fenestración y vesiculación de la membrana plasmática y acrosómica externa, lo que desencadena la liberación del contenido acrosómico (Larson y Miller, 1999). En EL2, se encontró una baja tasa de integridad acrosómica (CB total), probablemente debido al estrés térmico experimentado, correlacionado con la baja concentración espermática, motilidad y funcionalidad de membrana, lo que finalmente resultó en la ausencia de preñeces.

4.4. Morfología espermática

El análisis morfométrico de espermatozoides cobayos actualmente aún se realiza de forma manual, ya que su morfología dificulta el análisis automático en sistemas de análisis computarizado (CASA). Los valores promedio de longitud, anchura, perímetro y área de núcleo, rugosidad, regularidad, en este estudio, son mayores a los reportados por Cabeza et al. (2020) en espermatozoides cobayos obtenidos por electroeyaculación y Yucra (2013) en espermatozoides epididimarios; pero son menores en elipticidad, elongación, longitud de PI y longitud de cola. Las diferencias pueden deberse al método

de tinción empleado, al equipo de medición, al técnico en el caso de mediciones manuales, e inclusive a la presencia de plasma seminal, ya que Cabeza et al. (2020) usaron Spermac® en la tinción y el software Motic Image Plus 2.0 en espermatozoides de electroeyaculación, por su parte Yucra (2013) usó Diff-Quick y un equipo ISAS® CASA para la medición, y en este estudio usamos Hemacolor® y el software CellSens de OLYMPUS en espermatozoides del epidídimo. La tinción puede influir en la morfometría real del espermatozoide, ya sea por osmosis o deshidratación (reducción de 20 % en longitud y 13 % en anchura) (Ball y Mohammed, 1995; Hidalgo et al., 2006), pero es importante su uso para mejorar el contraste y definición de los espermatozoides fijados durante su análisis (Verstegen et al., 2002; Yaníz et al., 2015).

En la mayoría de parámetros morfométricos evaluados, EL2 presentó espermatozoides de menores dimensiones, a excepción de la anchura de pieza intermedia. La incidencia de luz solar generó mayores picos de temperatura ambiental (33,80°C) respecto a fotoperiodo con luz LED (32,75°C) y sin estimulación lumínica directa (32,65°C), y al igual que en el espermiograma, probablemente produjo estrés térmico en los cobayos de EL2 y este caso espermatozoides microcefálicos. En cuanto a la mayor pieza intermedia, Malo et al. (2006) sostiene que una pieza intermedia voluminosa podría dificultar la motilidad espermática; así como una menor elongación podría incrementar el grado de arrastre, haciendo más lento al espermatozoide, tomando en cuenta que el núcleo del espermatozoide cobayo es casi esférico. Por otro lado, un mayor perímetro y área de núcleo de espermatozoides de cobayos de EL1, podría relacionarse a la estimulación de la espermatogénesis debido a una mayor actividad de melatonina y testosterona en machos por estimulación fotoperiódica (Lincoln, 1992), y mejoramiento de variables seminales como en otras especies de mamíferos. En cobayos ya se ha documentado la sensibilidad a variaciones fotoperiódicas, como incremento de concentración sérica de testosterona y pubertades más tempranas (Bauer et al., 2008; Guenther et al., 2014). Los cobayos de EL0 presentaron espermatozoides con mayor longitud de pieza intermedia y longitud de cola. Aunque estos animales podrían haber tenido un desarrollo más tardío que los del fotoperiodo artificial, mayor elongación de estas estructuras podría generar mayor energía en más mitocondrias, y asociarse positivamente a la motilidad y velocidad de nado (Malo et al., 2006; Yaníz et al., 2015).

La clasificación morfológica de espermatozoides cobayos se basa en el estado de exocitosis del acrosoma en cuatro categorías: Tipo 1 o acrosoma intacto, Tipo 2 o

expansión debido a reacción acrosomal, Tipo 3 o inicio de la descomposición y Tipo 4 o pérdida del contenido acrosómico (Kim et al., 2001). En este estudio encontramos mayor frecuencia de espermatozoides del Tipo 2 en EL2 y una asociación negativa con la tasa de vitalidad, pero con un alto coeficiente de variabilidad. En EL1 y EL0, los mayores porcentajes corresponden al Tipo 1, probablemente asociado a una mejor calidad ya que se asoció positivamente al porcentaje de vitalidad. Por otro lado, todos los parámetros fueron diferentes entre tipo a excepción de rugosidad del núcleo, anchura de pieza intermedia y longitud de cola. Las mayores dimensiones de acrosoma corresponden al Tipo 2 puesto que son espermatozoides con el acrosoma reaccionado y en expansión, y en el tipo 3 se encuentran en descomposición. En cuanto a las dimensiones mayores del núcleo en espermatozoides del Tipo 4, es posible que la presencia del acrosoma o residuos del mismo, pudo influir en la tinción la cabeza y medición del núcleo, ya que Hemacolor® podría teñir conjuntamente el núcleo y el acrosoma superpuestos, subestimando las dimensiones nucleares. Por ello, una tinción diferencial entre ambas estructuras sería necesaria en futuros estudios morfológicos. Generalmente, los estudios de morfología espermática clasifican a las especies como homomorfas o heteromorfas (Soler et al. 2014), y en el caso de cobayos, Cabeza et al. (2020) sostienen que el cobayo es una especie homomorfa por la homogeneidad morfológica de los espermatozoides, sobre todo del núcleo.

4.5. Fertilidad

La tasa de preñez varía significativamente entre grupos de exposición lumínica, así como la edad de parto y edad probable de empadre (considerando una media de 68 días de gestación). La ausencia de preñeces en EL2 puede asociarse a bajos valores de motilidad, vitalidad, funcionalidad de membrana, integridad acrosomal y un alto índice de fragmentación de ADN, posiblemente debido a estrés térmico generado por los picos más altos de temperatura en este tratamiento de exposición lumínica. Por otro lado, si bien la tasa de preñez fue mayor en EL0, la edad de parto y edad probable de empadre fueron menores en EL1. Esta diferencia de aproximadamente 23 días entre ambos grupos constituye un hallazgo compatible con los de Bauer et al. (2008) y Guenther et al. (2014), quienes también encontraron mayor precocidad sexual de cobayos sometidos a un fotoperiodo respecto a menos horas de luz, que evidencia una llegada de una pubertad precocial debido a picos tempranos de testosterona en la sangre. Además, la media del número de crías fue mayor en EL1 que en EL0, aunque con diferencias no significativas.

En términos productivos, este avance en precocidad podría constituir una ganancia económica, puesto que normalmente se recomienda empadres de hembras de 3 meses y machos desde los 4 meses; en este estudio, experimentalmente logramos empadres tempranos exitosos con 2 a 4 crías, aproximadamente a los dos meses de edad utilizando un fotoperiodo artificial 10L/14D. Esta estimulación fotoperiódica podría incluirse en pequeñas y medianas crianzas, para reducir el tiempo intergeneracional e incrementar la cantidad de partos al año.

4.6. Análisis multivariado

Mediante el análisis multivariado es posible reducir la dimensión de las variables. En el caso del crecimiento corporal, solo el componente 1, conformado por los pesos corporales, perímetro torácico y consumo de alimento, pueden explicar el 58.296%. El otro porcentaje podría ser explicado por otras variables que no fueron evaluadas en este estudio, pero que deberían ser incluidas en estudios posteriores, en lugar de las variables que no fueron significativas. De igual manera, el peso final, el peso de canal caliente, rendimiento, hígado, corazón, pulmón + tráquea, riñón, testículos y sus valores porcentuales, que están concentrados en los componentes 1, 2 y 3, son capaces de explicar el 66.692% de la varianza. Respecto a la calidad espermática, el 72.11% de la varianza se puede explicar con los parámetros cinéticos, vitalidad, HOST+, peso corporal, peso testicular, motilidad progresiva, motilidad no progresiva, motilidad total y CB total. Gracias a este análisis es posible seleccionar las variables que pueden ser empleadas en modelos de regresión y predicciones significativas. Además, los próximos estudios deberán centrarse en evaluar principalmente estas variables de crecimiento corporal y calidad espermática, e incluir otras variables que probablemente sí pueda contribuir a la explicación de los fenómenos estudiados.

4.7. Propuesta de sustentabilidad para la crianza de cobayos

4.7.1. Provincia de Chachapoyas

La provincia de Chachapoyas es una de las siete provincias del departamento de Amazonas, en el nor-oriental peruano. Cuenta con una población 55 506 habitantes en una superficie de 3 312 km², haciendo una densidad de 16,76 habitantes/km². Según el Mapa de Pobreza del Fondo de Cooperación para el Desarrollo (FONCODES) en el 2007, la población rural era 31 %. Además, el 30 % de la población no contaba con agua potable y el 14 % no contaba con alcantarillado. Respecto al suministro eléctrico, el 28 % no

contaba con este recurso. Al tener una gran proporción de población rural, el 11 % de las mujeres eran analfabetas y el 20 % de niños de 6 a 9 años sufrían de desnutrición. El índice de desarrollo humano para la provincia era de 0,58 para el año 2007.

La caracterización agropecuaria del INEI (2012) reveló que la capacidad de la provincia es básicamente forestal, con calidad agrológica media a baja, asociadas con pastos, debido a la presencia de grandes pendientes en su topografía. El 90 % de las tierras son regadas por gravedad y el resto con aspersión y goteo. Sin embargo, los productores agropecuarios solo representan el 3,1 % del total nacional.

Las actividades productivas en la provincia de Chachapoyas son diversas y constituyen herramientas valiosas para el mejoramiento de la situación económica y calidad de vida de la población. Por ello, desde las entidades gubernamentales regionales y locales, se han promovido proyectos productivos en diferentes rubros agropecuarios. En ese sentido, se han identificado 11 asociaciones de productores agropecuarios dedicados exclusivamente a la crianza de cobayos. Según el Plan de Desarrollo Económico Local de la Provincia de Chachapoyas, estas asociaciones se encuentran en los distritos de Granada, Chachapoyas, Levanto, Molinopampa, Asunción, Soloco y San Isidro del Maino.

4.7.2. Línea base en la crianza de cobayos

La crianza de cobayos es una actividad de gran importancia a nivel nacional. A nivel de la provincia de Chachapoyas, la producción de cobayos se encuentra en crecimiento constante y existen emprendimientos con enfoque empresarial en este rubro, debido a las características agroecológicas adecuadas de la zona para el desarrollo de esta especie. Según la Dirección Regional de Agricultura de Amazonas, la producción de la provincia fue de 34 824,0 kg de carne de cobayo para el año 2018; sin embargo, la demanda regional aun sobrepasa enormemente la poca producción (192 158,0 kg/año en el año 2018).

Según Reyna (2019), las granjas locales aún se encuentran en proceso de desarrollo, por lo que realizó una descripción de las características y parámetros productivos de una granja local, para proponer estrategias de mejoramiento para la producción y comercialización de cobayos. En función a un análisis FODA (Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas) determinó ciertas características que podrían aplicarse a las granjas de mayor escala y en menor medida en granjas familiares. Entre las fortalezas destacó un proceso productivo eficiente, producción de sus propios alimentos

balanceados, personal técnico calificado y apoyo financiero de instituciones locales. Las oportunidades se basaron en la demanda insatisfecha para carne y reproductores de cobayo (proyectaron 46 904 unidades o 37 523,2 kg para el año 2021), apoyo de instituciones locales, creciente tendencia para promover el consumo de la carne de cobayo, ausencia de monopolios. Sin embargo, entre las debilidades enfatizó la insuficiente capacidad productiva en volumen, deficiencias en infraestructura, incidencia de enfermedades y canales de comercialización poco desarrollados. Finalmente, las amenazas detectadas se resumen en presencia de intermediarios y productos sustitutos de menor costo (carne de ave, res o cerdo) y cambios climáticos que pueden repercutir en el suministro de alimentos.

Con fines prácticos, la granja PROALCUY en el 2018 contaba con 280 cobayos reproductores para ser empadrados en proporción 6:1 (240 de hembras y 40 machos). La edad y peso comercial de simientes fue a los 35 – 50 días o 600 g, tasa de fertilidad de 84 a 92 %, edad de empadre de hembras de 70 a 75 días, 4 partos al año, tamaño de camada 3,72, 4 % de mortalidad en lactación y 3 % en recría. Además, los machos nacen con 143,5 g y las hembras con 132,0 g, los machos alcanzan un peso de destete de 281,0 g y las hembras 257 g a los 14 días. En esta granja se brinda alfalfa y *Pennisetum purpureum* (Pasto Camerún) como forraje fresco, además de un alimento concentrado. Con este régimen alimenticio obtienen medias de peso de nacimiento $128,97 \pm 2,39$ g, peso medio de destete $263,14 \pm 5,41$ g, ganancia de peso diario en recría $4,32 \pm 0,23$ g en hembras y $4,99 \pm 0,14$ g en machos, rendimiento de canal $65,26 \pm 0,79$ %, peso a las 9 semanas 586,07 g en hembras y 670,87 g en machos. Los machos llegan a la edad de reproducción a los 120 días (Reyna, 2018).

4.7.3. Propuestas de sustentabilidad

La búsqueda de sustentabilidad en un sistema productivo tiene como finalidad lograr su viabilidad económica, al mismo tiempo que contribuya a la conservar la estabilidad del sistema ecológico y sea aceptado por la sociedad. La finalidad es lograr que los sistemas sean autónomos, equitativos y capaces de mejorar la calidad de vida de los productores (Yunlong y Smith, 1994). En general, las estrategias para la búsqueda de esta sustentabilidad se basan en 7 aspectos: (1) situar la temática de desarrollo sustentable en la agenda gubernamental, (2) diversificar la matriz energética utilizando energías limpias, (3) planificar el uso del territorio, (4) introducir los costos ambientales en las actividades

productivas, (5) diversificar la base productiva, (6) gestionar las cuencas hidrográficas e (7) internalizar en la población en uso sustentable de los recursos naturales.

Los sistemas de producción animal actualmente tienen el reto de encaminar su sustentabilidad. Si bien la ganadería es una actividad que genera utilidades y alimento para la población humana, para mejorar su calidad de vida, se ha reportado los impactos negativos que genera el medio ambiente. Por ello, es necesario replantear los procedimientos que involucran estos sistemas productivos, a fin de que se reduzcan los daños colaterales, y a la vez se promueva su sustentabilidad. La crianza de cobayos tiene gran potencial para encaminar el desarrollo sustentable de la población rural de la provincia de Chachapoyas.

Desde el punto de vista del Aspecto Económico, gracias al corto tiempo en que se desarrolla el ciclo productivo y los reducidos costos de inversión y producción de los cobayos, respecto a otras crianzas, existe mayor velocidad de retorno y liquidez para los productores; su instalación mantenimiento tiene menores costos de inversión que otras especies y permite una diversificación productiva para los agricultores. Reyna (2018) sostiene que es posible alcanzar hasta una tasa interna de retorno (TIR) de hasta 40% aplicando estrategias de mejora en la producción y comercialización. Desde el punto de vista del Aspecto Ambiental, al ser una especie autóctona, el cobayo tiene impacto reducido al ambiente. Si bien los sistemas de crianza de mayor tamaño utilizan un porcentaje de alimento concentrado en las dietas, el mayor volumen del alimento sigue siendo los forrajes verdes, sobre todo en los sistemas familiares y familiares-comerciales. Por esta característica de rusticidad, tiene una menor necesidad de introducción de recursos externos, que probablemente le confieren una menor huella ecológica que en otras crianzas. Es adaptable a un modelo de economía circular, ya que el estiércol de cobayo, mediante un proceso de compostaje, es una excelente fuente de nutrientes para fertilizar los campos de forraje, que se utilizarán en su propia alimentación, cerrando el ciclo ecológico de nutrientes. Aunque es cierto que la intensificación de la producción probablemente genera la necesidad de utilizar fertilizantes y herbicidas en el cultivo de pastos, o productos antibióticos, antiparasitarios y desinfectantes para combatir las enfermedades. Desde el punto de vista del Aspecto Social, se resalta que la crianza de cobayos no es exigente en una infraestructura especializada, mano de obra numerosa o amplia tenencia de tierras; por lo tanto puede ser una fuente de trabajo para poblaciones vulnerables, familias que no poseen grandes extensiones de terreno, etc. Es capaz de

dinamizar la economía desde unidades de producción de pequeño tamaño y contribuye a la seguridad y soberanía alimentaria, gracias a la disponibilidad y calidad nutricional de su carne, para el mejoramiento de la calidad de vida de los criadores.

Las propuestas para mejorar la sustentabilidad de la crianza de cobayos en la provincia de Chachapoyas, y que son pertinentes en el marco del presente trabajo de investigación “La radiación solar en el desarrollo somático, calidad seminal y fertilidad de *Cavia porcellus* L.”, se resumen en instalaciones, manejo reproductivo, alimentación y sanidad. Estas propuestas se enfocan en el aspecto productivo de crías de cualquier tamaño (dimensión económica), en el manejo de residuos (dimensión ambiental) y en el acceso de los agricultores a esta actividad productiva (dimensión social).

4.7.3.1. Dimensión Económica

Las evidencias de este estudio demuestran la sensibilidad de los cobayos a la radiación solar y un fotoperiodo 10L/14D. Al incrementar la precocidad del desarrollo e inicio temprano de la reproducción, es posible lograr más partos al año y reducir el intervalo intergeneracional, acelerando el mejoramiento genético. Esto puede traducirse en lotes más homogéneos de cobayos para el mercado y mayores ingresos económicos. Por ello se proponen las siguientes estrategias:

Mejoramiento de las instalaciones

- En instalaciones en confinamiento y sin ventanas se aconseja la instalación de una lámpara LED por cada 5 jaulas, de 08:00 am a 06:00 pm para estimular la respuesta fotoperiódica.
- En instalaciones con ventanas amplias y que permiten el ingreso de luz solar, acondicionar un sistema de ventilación pasiva en la parte superior de las paredes del galpón.
- Monitorear la temperatura ambiental y humedad relativa para realizar la apertura o cierre de cortinas. En zonas tropicales podría ser necesaria la instalación de un sistema de ventilación automático para mantener confortables la temperatura y humedad del ambiente. La temperatura adecuada a nivel escrotal es de 32,5°C, pero un ambiente con alta temperatura y humedad podría incrementar la sensación de calor latente, por ello es necesario un sistema de ventilación.
- Instalar bebederos automáticos de tipo chupón para tener un suministro constante de agua de bebida. El uso de este sistema es más eficiente y mantiene limpia el

agua. Cada día se debe realizar el cambio del agua rechazada y cargar el tanque con agua fresca. Las mangueras deberían ser desmanteladas y lavadas cada 15 días como mínimo.

- Estas instalaciones no representan costes elevados y son factibles para ser realizadas a nivel familiar, inclusive lideradas por mujeres emprendedoras.

Ajustes en el manejo reproductivo

- El uso de un fotoperiodo con luz LED 10L/14D en el galpón de cobayos de reemplazo podría acelerar el desarrollo reproductivo y la precocidad. De modo que, se pueda anticipar el empadre de machos y hembras, siempre tomando en cuenta el monitoreo de los pesos. Si bien el número de partos al año podría no variar (4 partos al año), el intervalo generacional anual en trabajos de mejoramiento genético podría acelerarse, llegando las hembras a los cuatro meses con su primera camada.
- Utilizar gazaperas para mejorar el consumo de los gazapos y destetarlos a los 21 días. Desde el punto de bienestar animal es adecuado conservarlos con la madre para reducir el estrés del destete.
- El uso del empadre continuo puede dar buenos resultados si los cobayos son alimentados correctamente y tienen un suministro constante de agua.
- El uso de reposapatras es recomendable para mejorar el confort, sobre todo en hembras gestantes que dificultan la caminata en el último tercio de gestación. Las jaulas con piso de malla pueden generar lesiones podales y estrés principalmente en animales con sobrepeso y gestantes.
- Proveer instalaciones confortables y considerando el bienestar animal influirán en la productividad de los animales y por consiguiente en la retribución económica de la actividad productiva, así como en una buena imagen hacia los consumidores.

Alimentación y nutrición

- Es recomendable incorporar en la dieta un alimento concentrado para cubrir los requerimientos nutricionales de la especie. En crianzas familiares el porcentaje de inclusión varía según la disponibilidad de forrajes, pero una alimentación mixta (forraje verde + concentrado) puede ofrecer mayor eficiencia.
- El uso de forraje de alfalfa es tradicional en los cobayos, sin embargo, dada la estacionalidad de muchas zonas y el incremento de costos podría reducir las

ganancias de esta actividad productiva. Por ello, se plantea complementar los forrajes con especies autóctonas que son palatables para los cobayos, como: pasto Guatemala (*Tripsacum laxum*), pasto Camerún (*Pennisetum purpureum*), llantén (*Plántago lanceolata*) o Rye grass de corte, para reducir la dependencia del forraje de alfalfa.

- Se sugiere proveer el alimento concentrado en dos fracciones (mañana y tarde) así como los forrajes. Además, los forrajes deberían haber sido cortados 12 horas antes de ser proveídos a los cobayos, para evitar problemas digestivos, diarreas y muertes.
- Se recomienda utilizar al máximo productos locales como forrajes y para la preparación de los piensos, con la finalidad de reducir la dependencia de suministros externos. La situación actual de desastres naturales y especulación de precios pueden dificultar el abastecimiento de los sistemas productivos y comprometer su viabilidad en el tiempo.

Manejo sanitario

- Instalar un pediluvio en la entrada del galpón de cobayos y reservar un cambio de ropa y zapatos para uso exclusivo dentro del galpón y que se quede en el galpón.
- Mantener aislados los campos de forraje en la mayor medida posible de aves de corral, perros u otro animal. En el caso de adquirir forraje o concentrado, establecer un solo proveedor que garantice la inocuidad del producto.
- Conservar los alimentos y el galpón libres de otros roedores como ratones o ratas. Si se presenta rápidamente tomar las medidas correctivas.
- Las instalaciones confinadas pueden ser propicias para el desarrollo de parásitos externos, por ello se plantea implementar una buena iluminación para impedir el desarrollo de estos agentes infecciosos.
- Retirar inmediatamente los animales enfermos a pozas individuales para su tratamiento y los muertos enterrarlos con cal en un área alejada.
- La rutina de limpieza rápida en área de comederos y bebederos debe ser diaria y la rutina completa una vez por semana, aplicando desinfectante por aspersion o cal en las partes húmedas.

4.7.3.2. Dimensión Ambiental

Recurso autóctono

- Promocionar el consumo de carne de cuy como un recurso autóctono y de bajo impacto ambiental, y fomentar su producción ecológica.
- Realizar investigaciones sobre genes asociados a la resistencia a enfermedades en ecotipos locales, con la finalidad de mejorar la capacidad inmunológica de los galpones y reducir el uso indiscriminado de medicamentos.

Promoción de la economía circular

- Los residuos y el estiércol se deben someter a compostaje durante algunas semanas y en un lugar protegido, para luego ser incorporados nuevamente a los campos de cultivo de los forrajes, para reciclar localmente los nutrientes.
- Realizar investigaciones con microorganismos eficientes e insumos locales, que sean útiles como promotores de crecimiento, antiparasitarios, etc. Con la finalidad de reducir la contaminación por su excreción.

4.7.3.3. Dimensión Social

- Promover el consumo de la carne de cuy por sus características nutricionales.
- Fomentar el liderazgo de la mujer en la crianza de cuyes, con enfoque empresarial, por sus beneficios como fuente de trabajo, generación de utilidades, seguridad y soberanía alimentaria.
- Incentivar la asociatividad de los productores para la búsqueda de mercados fijos y negociación de precios. De igual manera, para la participación en concursos de financiamiento y fortalecimiento de capacidades productivas y de comercialización.

V. CONCLUSIONES

Según nuestros hallazgos, la exposición lumínica tuvo un efecto limitado en el desarrollo corporal de machos hasta la semana 9, pero en hembras fue más notorio durante las primeras semanas en circunferencia de tórax; siendo mayor al emplear un fotoperiodo con luz LED 10L/14D. Sin embargo, se observó un mayor desarrollo somático al presentar mayor proporción de hígado, corazón y testículos en cobayos sometidos a fotoperiodo con luz solar, aunque no hubo influencia en los pesos ni rendimiento de canal. El pH no varió entre grupos, pero los parámetros de color CIELab*, a excepción de luminosidad,

fueron menores en el grupo sin exposición lumínica y con fotoperiodo con luz LED, y mayores en pérdidas por goteo respecto a un fotoperiodo con luz solar, mostrando una carne pálida y exudativa probablemente debido a un estrés generado al salir de sus condiciones de alojamiento con menos luz.

Un fotoperiodo con luz solar 10L/14D podría generar estrés térmico y, en consecuencia, valores de espermiograma bajos y ausencia preñeces. En cambio, un fotoperiodo con luz LED 10L/14D mejoró algunas características microscópicas de los espermatozoides de cobayo, aunque no significativamente en comparación con un compartimiento sin ningún estímulo lumínico directo. Sin embargo, aunque la tasa de fertilidad no mejoró en un fotoperiodo con luz LED, las preñeces fueron más tempranas en comparación a los cobayos sometidos a compartimiento sin estímulo lumínico directo. La estimulación con un fotoperiodo con luz LED puede incrementar las dimensiones morfométricas de espermatozoides cobayos, pero un fotoperiodo con luz solar puede reducirlas probablemente debido a los más altos picos de temperatura ambiental que generaron estrés térmico.

Un ambiente sin estímulo directo de luz tuvo la mayor tasa de fertilidad, pero un fotoperiodo artificial con luz LED adelantó la edad de empadre y del primer parto, hasta en 23 días. Sin embargo, en un fotoperiodo con luz solar no se obtuvieron preñeces. Los incrementos de peso corporal y peso de órganos de los machos estuvieron más relacionados al número de crías y a la edad de empadre; mientras que los pesos corporales de machos estuvieron relacionados al peso testicular, concentración espermática e integridad de acrosoma total (CB Total). El 99,94 % de la varianza del crecimiento corporal de los cobayos puede ser explicada por 7 componentes, el 88,25 % de la varianza de la productividad y peso de órganos por 5 componentes, y el 92,96 % de la varianza de calidad espermática por 6 componentes.

Según los hallazgos de esta investigación, las propuestas para mejorar la sustentabilidad de la crianza de cobayos se resumen en instalaciones, manejo reproductivo, alimentación y sanidad. Esta propuesta enfoca el aspecto de la productividad de la crianza de cobayos mediante la mejora del manejo reproductivo y uso de energías inocuas en búsqueda de una mayor retribución económica (dimensión económica), el manejo de los residuos y promoción del uso de forraje e ingredientes locales para piensos (dimensión ambiental), y una alternativa económica para mejorar sus ingresos y fuente de trabajo para los productores locales y familias interesadas en la crianza de cobayos.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda aplicar estimulación de fotoperiodos, empleados en este estudio, en una población grande de animales, para validar los hallazgos.
- Evaluar el efecto fotoperiódico en la concentración de testosterona y correlacionarlo con las variables espermáticas.
- Realizar estudios en criopreservación de espermatozoides cobayos, para utilizarlos en inseminación artificial de cobayos hembra sometidas a estimulación fotoperiodica.
- Estudiar el efecto fotoperiódico en la dinámica folicular y estral de cobayos hembra.
- Evaluar el efecto de la luz solar con el bloqueo de la generación de temperatura ambiental. Así mismo, evaluar el efecto de radiación ultravioleta en el desarrollo corporal, desarrollo reproductivo y hormonal de cobayos machos y hembras.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICA

- AGRORURAL. (2020). Más de 542 mil soles de ingreso directo generan productores de cuy y huevos en mercados itinerantes de Lima y Callao. Consultado 06 de marzo de 2022. <https://www.agrorural.gob.pe/mas-de-542-mil-soles-de-ingreso-directo-generan-productores-de-cuy-y-huevos-en-mercados-itinerantes-de-lima-y-callao/#:~:text=Del%20otro%20lado%2C%20el%20Minagri,gramos%20por%20persona%20al%20a%C3%B1o.>
- Alba, R. (1990). *Maduración sexual del cuy domestico macho*. Tesis Bachiller. Facultad de Ciencias y Tecnología. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba- Bolivia.
- Aliaga, L., Moncayo, R., Rico, E. y Caycedo, A. (2009). *Producción de cuyes*. Universidad Católica Sedes Sapientiae. Lima – Perú 808 p.
- Andersson, H., Wallgren, M., Rydhmer, L., Lundström, K., Andersson, K. y Forsberg, M. (1998). Photoperiodic effects on puberal maturation of spermatogenesis, pituitary responsiveness to exogenous GnRH, and expression of boar taint in crossbred boars. *Animal Reproduction Science*, 54(2), 121-137. [https://doi.org/10.1016/S0378-4320\(98\)00149-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4320(98)00149-3)
- Andina. (2019). Conoce el potencial del Mercado mundial para la carne de cuy peruano. Consultado el 09 de diciembre de 2020. <https://andina.pe/agencia/noticia-conoce-potencial-del-mercado-mundial-para-carne-cuy-peruano-756713.aspx#:~:text=La%20carne%20de%20cuy%20es,71.3%25%20en%20el%20mercado%20exterior.&text=El%20%C3%BAnico%20competidor%20que%20tiene,el%2028.7%25%20del%20total%20exportado.>
- Aragón, S. (2019). Características macroscópicas, microscópicas, estimación de parámetros de motilidad y determinación de subpoblaciones espermáticas en semen de cuy (*Cavia porcellus*). Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. Cusco - Perú.
- Araníbar, E., y Echevarría, L. (2014). Número de ovulaciones por ciclo estrual en cuyes (*Cavia porcellus*) Andina y Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 25(1), 29-36.
- Ataucusi, S. (2015). *Manual Técnico de la Crianza de Cuyes en la Sierra del Perú*. Biblioteca Nacional del Perú (Primera). Lima: Corporación S.A.C. Recuperado de: http://www.caritas.org.pe/documentos/MANUAL_CUY_PDF.pdf

- Ayala Guanga, L.E., Rodas Carpio, R., Almeida, A., Torres Inga, C.S. y Nieto Escandón, P.E. (2017). Influence of penis spicule of cavy (*Cavia porcellus*) on their sexual behavior, Fertility and sperm quality. *Revista de Producción Animal*, 29(3), 36-42. <http://scielo.sld.cu/pdf/rpa/v29n3/rpa06317.pdf>
- Ball, B.A. y Mohammed, H.O. (1995). Morphometry of stallion spermatozoa by computer-assisted image-analysis. *Theriogenology*, 44, 367–377. [https://doi.org/10.1016/0093-691X\(95\)00191-A](https://doi.org/10.1016/0093-691X(95)00191-A)
- Bauer, B., Womastek, I., Dittami, J. y Huber, S. (2008). The effects of early environmental conditions on the reproductive and somatic development of juvenile guinea pigs (*Cavia aperea f. porcellus*). *General and Comparative Endocrinology*, 155, 680–5. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2007.09.015>
- Benavides, F., Sutovsky, P., López, V., Kennedy, C. y Echevarria, L. (2020). Semen parameters of fertile guinea pigs (*Cavia porcellus*) collected by transrectal electroejaculation. *Animals*, 10, 767. <https://doi.org/10.3390/ani10050767>
- Çoban, Ö., Laçin, E. y Genç, M. (2014). The Effect of Photoperiod Length on Performance Parameters, Carcass Characteristics and Heterophil/Lymphocyte-ratio in Broilers. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 20(6), 863-870. <https://doi.org/10.9775/kvfd.2014.11186>
- Cabeza, U., Ordoñez, C., Meza, A. y Cucho, H. (2021). Morphological and morphometric characterization of the Guinea pig (*Cavia porcellus*). *Spermova*, 10(2), 94-101. <https://doi.org/10.18548/aspe/0008.14>
- Calkins, C.R., Seideman, S.C. y Crouse, J.D. (1987). Relationships between rate of growth, cateptic enzymes and palatability in young bulls. *Journal of Animal Science*, 64(5), 1448-1457. <https://doi.org/10.2527/jas1987.6451448x>
- Carretero, M.I., Pigretti, C., Bertuzzi, M. y Fumuso, F. (2018). Hypoosmotic test combined with Coomassie Blue stain in Llama sperm. *Spermova*, 8(2), 129-32. <https://doi.org/10.18548/aspe/0006.10>
- ChaithraShree, A.R., Ingole, S.D., Dighe, V.D., Nagvekar, A.S., Bharucha, S.V., Dagli, N.R., et al. (2020). Effect of melatonin on bovine sperm characteristics and ultrastructure changes following cryopreservation. *Veterinary Medicine and Science*, 6(2), 177-86. <https://doi.org/10.1002/vms3.224>
- Chauca, L. (1997). Producción de cuyes (*Cavia porcellus*). Vol. 138. Food & Agriculture Org.
- Chemineau, P. (1993). Medio ambiente y reproducción animal. *World Animal Review*,

- 77(1), 2–14. Retrieved from <http://www.fao.org/ag/Aga/AGAP/FRG/FEEDback/War/v1650b/v1650b04.htm>
- Choe, J.H., Choi, Y.M., Lee, S.H., Shin, H.G., Ryu, Y.C., Hong, K.C. y Kim, B.C. (2008). The relation between glycogen, lactate content and muscle fiber type composition, and their influence on postmortem glycolytic rate and pork quality. *Meat Science*, 80, 355–362. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.12.019>
- Correa, L.M. y Fernández, J.L. (2017). Influence of Melatonin on the physiology and the conduct of ungulates. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(3), 337-350. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.298>
- Cox, J.F., Alfaro, V., Montenegro, V. y Rodríguez-Martínez, H. (2006). Computer-assisted analysis of sperm motion in goats and its relationship with sperm migration in cervical mucus. *Theriogenology*, 66, 860-7. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.01.062>
- Dalle Zotte A. y Cullere M. (2019). Carcass Traits and Meat Quality of Rabbit, Hare, Guinea Pig and Capybara. In: Lorenzo J., Munekata P., Barba F., Toldrá F. (eds) More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet. *Springer*, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05484-7_7
- Dantzer, R. y Kelly, K.W. (1989). Stress and immunity: an integral view of relationships between the brain and immune system. *Life Sciences*, 44, 1995–2008. [https://doi.org/10.1016/0024-3205\(89\)90345-7](https://doi.org/10.1016/0024-3205(89)90345-7)
- Downs, K.M., Lien, R.J., Hess, J.B., Bilgili, S.F. y Dozier, W.A. (2006). The Effects of Photoperiod Length, Light Intensity, and Feed Energy on Growth Responses and Meat Yield of Broilers. *Journal of Applied Poultry Research*, 15(3), 406-416. <https://doi.org/10.1093/japr/15.3.406>
- Durairajanayagam, D., Sharma, R.K., du Plessis, S.S. y Agarwal, A. (2014). Testicular heat stress and sperm quality. *Male Infertility*, 105-25. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1040-3_8
- Duve, L.R., Steenfeldt, S., Thodberg, K. y Nielsen, B.L. (2011). Splitting the scotoperiod: Effects on feeding behavior, intestinal fill and digestive transit time in broiler chickens. *British Poultry Science*, 52, 1-10. <https://doi.org/10.1080/00071668.2010.549671>
- Everitt, J.I. y Gross, E.A. (2006). Euthanasia and Necropsy. *The Laboratory Rat. Elsevier Academic Press*, 665–678. <https://doi.org/10.1016/B978-012074903-4/50023-6>

- Fawcett, D. (1963). Change in the acrosome of guinea pig spermatozoa during passage through the epididymis. *Zeitschrift für Zellforschung and Mikroskopische Anatomie*, 60(2), 276-292.
- Ferdinand, N., Christiane, N.S., Augustave, K., D'Alex, T.C., Raphael, K.J., et al. (2014). Effect of Guava (*Psidium guajava*) leaves essential oil on some reproductive parameters in male guinea pig (*Cavia porcellus*). *Biological Systems*, 3, 125. <https://doi.org/10.4172/2329-6577.1000125>
- Fernández, M., Estesó, M., Montoro, V., Soler, A. y Garde, J. (2006). Cryopreservation of Iberian red deer (*Cervus elaphus hispanicus*) epididymal spermatozoa. Effects of egg yolk, glycerol and cooling rate. *Theriogenology*, 8, 1931-1942.
- Fidan, E.D., Nazlıgül, A., Türkyılmaz, M.K., Aypak, S.Ü., Kilimci, F.S., Karaarslan, S. y Kaya, M. (2017). Effect of photoperiod length and light intensity on some welfare criteria, carcass, and meat quality characteristics in broilers. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 46, 202-210. <https://doi.org/10.1590/S1806-92902017000300004>
- Flores-Mancheno, C.I., Duarte, C. y Salgado-Tello, I.P. (2017). Characterization of the guinea pig (*Cavia porcellus*) meat for fermented sausage preparation. *Ciencia y Agricultura*, 14(1), 39-45. <https://doi.org/10.19053/01228420.v14.n1.2017.6086>
- Forcada, F., Abecia, J.A., Zarazaga, L.A. y Lozno, J.M. (2000). Importancia del fotoperiodo en la regulación de la actividad reproductora. *Ovis*, 71, 13-23.
- Foury, A., Lebret, B., Chevillon, P., Vautier, A., Terlouw, C. y Mormede, P. (2011). Alternative rearing systems in pigs: consequences on stress indicators at slaughter and meat quality. *Animal*, 5(1), 1620-1625. <https://doi.org/10.1017/S1751731111000784>
- Freund, M. (1969). Interrelationships among the characteristics of guinea pig semen collected by electroejaculation. *Journal of Reproduction and Fertility*, 19, 393-403. <https://doi.org/10.1530/jrf.0.0190393>
- Fumuso, F.G., Giménez, M.L., Neild, D.M., Giuliano, S.M., Chaves, M.G. y Carretero, M.I. (2014). Comparison of washing methods and smear conservation periods for llama sperm acrosome assessment using the Coomassie blue stain. *Spermova*, 4(1), 50-3. <http://hdl.handle.net/11336/18690>
- Gallardo, M., Mondaca, F., Ojeda, R., Kohler, N. y Garrido, O. (2002). Morphological diversity in the sperms of caviomorph rodents. *Mastozoología Neotropical*, 9, 159-170.

- Grégoire, A., Joly, T., Fuertes, E.H. y Silva, R.M. (2010). Crioconservación de los recursos genéticos de cuy (*Cavia porcellus*): *Producción y congelación de embriones*, 39, pag. 1.
- Guenther, A., Palme, R., Dersen, M., Kaiser, S. y Trillmich, F. (2014). Photoperiodic effects on reproductive development in male cavies (*Cavia aperea*). *Physiology & Behavior*, 123, 142-147. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2013.10.017>
- Guerra, C. (2009). *Manual técnico de crianza de cuyes*, 25. Recuperado de: [http://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/Manual técnico de crianza de cuyes.pdf](http://www.cedepas.org.pe/sites/default/files/Manual%20t%C3%A9cnico%20de%20crianza%20de%20cuyes.pdf)
- Guh, Y.J., Tamai, T.K. y Yoshimura, T. (2019). The underlying mechanisms of vertebrate seasonal reproduction. *Proceedings of the Japan Academy, Series B*, 95(7), 343-357. <https://doi.org/10.2183/pjab.95.025>
- Hardy, D.M., Oda, M.N., Friend, D.S. y Huang, T.T.Jr. (1991). A mechanism for differential release of acrosomal enzymes during the acrosome reaction. *Biochemical Journal*, 275, 759-66. <https://doi.org/10.1042/bj2750759>
- Harkness, J.E., Murray, K.A. y Wagner, J.E. (2002). *Biology and Diseases of Guinea Pigs. Laboratory Animal Medicine* (second ed). Elsevier Inc. <http://www.doi.org/10.1016/B978-0-12-263951-7.50009-0>
- Heideman, P.D. y Sylvester, C.J. (1997). Reproductive photoresponsiveness in unmanipulated male Fisher 344 laboratory rats. *Biology of Reproduction*, 57, 134–138. <https://doi.org/10.1095/biolreprod57.1.134>
- Helfer, G., Barrett, P. y Morgan, P.J. (2019). A unifying hypothesis for control of body weight and reproduction in seasonally breeding mammals. *Journal of Neuroendocrinology*, 31(3), e12680. <https://doi.org/10.1111/jne.12680>
- Hernández-Bautista, J., Aquino, J.L. y Ríos, F.G. (2013). Pre-mortem handling effect on the meat quality. *Nacameh*, 7(2), 41-64.
- Hernández, C. (2015). *Efecto del sexo y edad de sacrificio sobre los quintos cuartos y la calidad de la canal de cuy*. Facultad de Ingeniería. Riobamba – Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/431>
- Hidalgo, M., Rodríguez, I. y Dorado, J. (2006). Influence of staining and sampling procedures on goat sperm morphometry using the Sperm Class Analyzer. *Theriogenology*, 66, 996-1003. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2006.02.039>
- Higaonna, O.R., Muscari, G.J., Chauca, F.L. y Astete, F. (2008). Composición química de la carne de cuy (*Cavia porcellus*). INIA. *Investigaciones en cuyes, Trabajos*

- presentados a la Asociación Peruana de Producción Animal*. Lima, Perú: INIA – CE La Molina, Universidad Agraria La Molina, Universidad Peruana Cayetano Heredia, Aprodes. APPA. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/409>
- INDECOPI. (2006). *NTP 201.058. Carne y productos cárnicos: Definiciones, clasificación y requisitos de las carcasas y carne de cuy (Cavia porcellus) [Meat and meat products. Definitions, classification and requirements of carcasses of Guinea pig]*. Lima, Perú: Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
- INEI. (2012). *IV Censo Nacional Agropecuario – Resultados definitivos*. Ministerio de Agricultura y Riego – Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- INEI. (2017). *Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. Principales Resultados. Pequeñas, medianas y grandes unidades agropecuarias*. Consultado el 29 de diciembre de 2021.
https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1593/
- Jeyendran, R., Van der Ven, H., Pérez-Peláez, M., Crabo, B. y Zaneveld, L. (1984). Development of an assay to assess the functional integrity of the human sperm membrane and its relationship to other semen characteristics. *Journal of Reproduction and Fertility*, 70, 209-228.
- Jurado-Gámez, H.A., Cabrera-Lara, E.J. y Salazar-Salazar, J.A. (2016). Comparison of two types of sacrifice and different ripening times on physico-chemical and microbiological variables of guinea pig (*Cavia porcellus*) meat. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 63(3), 201-217.
<https://doi.org/10.15446/rfmvz.v63n3.62741>
- Kilkenny, C., Browne, W., Cuthill, I.C., Emerson, M. y Altman, D.G. (2010). Animal research: reporting in vivo experiments: the ARRIVE guidelines. *British Journal of Pharmacology*, 160(7), 1577-79. <https://doi.org/10.1111/j.1476-5381.2010.00872.x>
- Kim, K.S., Foster, J.A., Kvasnicka, K.W. y Gerton, G.L. (2011). Transitional states of acrosomal exocytosis and proteolytic processing of the acrosomal matrix in guinea pig sperm. *Molecular Reproduction and Development*, 78(12), 930-41.
<https://doi.org/10.1002/mrd.21387>
- Kim, K.S., Foster, J.A. y Gerton, G.L. (2001). Differential release of guinea pig sperm acrosomal components during exocytosis. *Biology of Reproduction*, 64(1), 148-56.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod64.1.148>

- Kozioł, K., Broda, D., Romerowicz-Misielak, M., Nowak, S. y Koziorowski, M. (2020). Melatonin concentration in peripheral blood and melatonin receptors (MT1 and MT2) in the testis and epididymis of male roe deer during active spermatogenesis. *Theriogenology*, 149, 25-37. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2020.03.025>
- Lammers, P.J., Carlson, A.L., Zdorkowski, G.A. y Honeyman, M.S. (2009). Reducing the food insecurity in developing countries through meat production: the potential of the guinea pig (*Cavia porcellus*). *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24(2), 155–162. <https://doi.org/10.1017/S1742170509002543>
- Larson, J.L. y Miller, D.J. (1999). Simple histochemical stain for acrosomes on sperm from several species. *Molecular Reproduction and Development*, 52(4), 445-49. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2795\(199904\)52:4<445::AID-MRD14>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2795(199904)52:4<445::AID-MRD14>3.0.CO;2-6)
- Lewis, P.D., Danisman, R. y Gous, R.M. (2009). Photoperiodic responses of broilers. I. Growth, feeding behaviour, breast meat yield, and testicular growth. *British Poultry Science*, 50(6), 657-666. <https://doi.org/10.1080/00071660903338452>
- Lincoln, G.A. (1992). Photoperiod-pineal-hypothalamic relay in sheep. *Animal Reproduction Science*, 28(1–4), 203–217. [https://doi.org/10.1016/0378-4320\(92\)90107-O](https://doi.org/10.1016/0378-4320(92)90107-O)
- Malo, A.F., Gomendio, M., Garde, J., Lang-Lenton, B., Soler, A.J. y Roldan, E.R.S. (2006). Sperm design and sperm function. *Biology Letters*, 2, 246–249. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0449>
- Maroto-Morales, A., Ramón, M., García-Álvarez, O., Soler, A. J., Estes, M.C., Martínez-Pastor, F., Pérez-Guzmán, M. D. y Garde, J.J. (2010). Characterization of ram (*Ovis aries*) sperm head morphometry using the Sperm-Class Analyzer. *Theriogenology*, 73(4), 437-448. <http://doi.org/cp3wpp>
- Mendoza, B. y Ronco, A. (2016). Estacionalidad de la vitamina D plasmática: su importancia en la clínica y en la salud. *Revista Médica del Uruguay*, 32(2), 80-86.
- Meza, A., Huanca, N., Aragón, S. y Cucho, H. (2018). Domestic guinea pig semen collection protocol (*Cavia porcellus*) by electroejaculation method. *Spermova*, 8(1), 94. <https://doi.org/10.18548/aspe/0006.08>
- Mise, N. (2014). Evaluación de la crioconservación del semen de cobayo (*Cavia porcellus*). Tesis de grado. Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga-Ecuador.

- Muiño, R. (2008). Evaluación de la motilidad y vitalidad del semen bovino mediante el uso de sistemas CASA y citometría de flujo. Identificación de subpoblaciones espermáticas. Tesis de Doctor. Universidad de Santiago de Compostela.
- Mustafa, A.F., Chavarr, E.C., Mantilla, J.G., Mantilla, J.O. y Paredes, M.A. (2019). Effects of feeding flaxseed on performance, carcass trait, and meat fatty acid composition of Guinea pigs (*Cavia procellus*) under northern Peruvian condition. *Tropical Animal Health and Production*, 51, 2611–2617. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-01977-0>
- Mutwedu, V.B., Nyongesa, A.W., Azine, P.C., Chiregereza, D.K., Ngoumtsop, V.H., Mugumaarhahama, Y., et al. (2021). Growth performance and reproductive function impairment of glyphosate-based herbicide in male guinea pig (*Cavia porcellus*). *Veterinary Medicine and Science*, 7(3), 1047-1055. <https://doi.org/10.1002/vms3.443>
- Nakandakari, L., Gutiérrez, E., Chauca, L. y Valencia, R. (2015). Measurement of intramuscular pH of guinea pigs during 24 hours after sacrifice. *Salud y Tecnología Veterinaria*, 2(2), 99-105. <https://doi.org/10.20453/stv.v2i2.2246>
- Nakane, Y. y Yoshimura, T. (2019). Photoperiodic regulation of reproduction in vertebrates. *Annual Review of Animal Biosciences*, 7, 173-194. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-020518-115216>
- Ngoula, F., Guemdjo Tekam, M., Kenfack, A., Tadondjou Tchingo, C.D., Nouboudem, S., Ngoumtsop, H., et al. (2017). Effects of heat stress on some reproductive parameters of male cavie (*Cavia porcellus*) and mitigation strategies using guava (*Psidium guajava*) leaves essential oil. *Journal of Thermal Biology*, 64, 67-72. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2017.01.001>
- Noonan, D. (1994). The guinea pig (*Cavia porcellus*). *ANZCCART News* 7(3): 1-7.
- Pérez, M. (2004). Manual de crianza de Animales. Retrieved from: http://www.muniite.gob.pe/wedproyectos_GDS/proyecto_nutricion/media/boletin/ilebole-15-491d059b3f.pdf
- Perumal, P., Chang, S., Sangma, C.T.R., Savino, N. y Khate, K. (2016). Effect of melatonin on mobility and velocity parameters of Mithun (*Bos frontalis*) semen preserved in liquid state (5°C). *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 4, S95–S102. [http://doi.org/10.18006/2016.4\(Spl-3-ADPCIAD\).S95.S102](http://doi.org/10.18006/2016.4(Spl-3-ADPCIAD).S95.S102)
- Pinduisaca, F. (2018). Colecta y evaluación de semen de cuyes (*Cavia porcellus*) extraído por la técnica de electroeyaculación en el centro Experimental Uyumbicho. Tesis de

- grado. Universidad Central del Ecuador. Quito-Ecuador.
- Prendergast, B.J., Nelson, R.J. y Zucker, I. (2002). Mammalian Seasonal Rhythms. In *Hormones, Brain and Behavior* (pp. 93–156). Retrieved from <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780125321044500214>
- Quispe, H., Cayo-Colca, I. y Saucedo, J. (2019). Relationship between behavioral indicators of animal welfare and physicochemical properties of beef. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 34–48. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15674>
- Quispe, H.A., Ciprián, R., Ordoñez, C., Ampuero, E. y Cucho, H. (2015). Hypoosmotic swelling test in alpaca (*Vicugna pacos*) spermatozoa recovered the vas deferens. *Spermova*, 5(1), 10-14. <http://doi.org/10.18548/aspe/0002.2>
- Remache, R. (2016). *Progresión de la calidad de la canal, vísceras, pH y color de la carne de cuy a los 3, 4 y 6 meses de edad. Facultad de Ingeniería. Riobamba – Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.* <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/3196>
- Reyna, C.A. (2018). *Propuesta estratégica para el mejoramiento de la producción y comercialización de cuyes de la granja PROALCUY.* Tesis de grado. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas – Perú.
- Rodríguez, G.J., Barrios-Arpi, M., Huanca, L.W. Rodríguez, G.A. y Revuelta, L. (2016). Levels of glucose and triglycerides in seminal plasma and spermatic motility in guinea pig fed with 10% more in digestible energy. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 10(1), 75-82. https://doi.org/10.5209/rev_RCCV.2016.v10.n1.52501
- Rota, A., Bastianacci, V., Mgelli, C., Panzani, D. y Camilo, F. (2010). Evaluation of plasma membrane integrity of donkey spermatozoa. *Reproduction in Domestic Animals*, 45, 228-32. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0531.2008.01241.x>
- Sabés-Alsina, M., Tallo-Parra, O., Mogas, M.T., Morrell, J.M. y Lopez-Bejar, M. (2016). Heat stress has an effect on motility and metabolic activity of rabbit spermatozoa. *Animal Reproduction Science*, 173, 18-23. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2016.08.004>
- Sánchez, A. y Zamora, P. (2016). Effect of hypoosmotic environment on canine semen sperm viability. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 27(2), 288-93. <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v27i2.11649>
- Sánchez-Macías, D., Barba-Maggi, L., Morales-delaNuez, A. y Palmay-Paredes, J. (2018). Guinea pig for meat production: A systematic review of factors affecting the

- production, carcass and meat quality. *Meat Science*, 143, 165-176.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.05.004>
- Sánchez-Macías, D., Castro, N., Rivero, M., Argüello, A. y Morales-delaNuez, A. (2015). Proposal for standard methods and procedure for guinea pig carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Journal of Applied Animal Research*, 44(1), 65-70.
<https://doi.org/10.1080/09712119.2015.1006234>
- Sánchez-Macías, D., Cevallos-Velastegui, L., Nuñez-Valle, D. y Morales delaNuez, A. (2019). First report of posmortem pH evolution and rigor mortis in guinea pigs. *Livestock Science*, 229, 22-27. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2019.09.014>
- Sancho, S., Pinart, E., Briz, M., Garcia-Gil, N., Badia, E., Bassols, J., Kádár, E., Pruneda, A., Bussalleu, E., Yeste, M., Coll, M.G. y Bonet, S. (2004). Semen quality of postpubertal boars during increasing and decreasing natural photoperiods. *Theriogenology*, 62(7), 1271-1282.
<https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.01.003>
- Santiago-Moreno, J., Gómez-Brunet, A., González-Bulnes, A., Toledano-Díaz, A., Malpaux, B. y López-Sebastián, A. (2005). Differences in reproductive pattern between wild and domestic rams are not associated with inter-specific annual variations in plasma prolactin and melatonin concentrations. *Domestic Animal Endocrinology*, 28(4), 416–29. <https://doi.org/10.1016/j.domaniend.2005.02.002>
- Scheideler, S.E. (1990). Research Note: Effect of various light sources on broiler performance and efficiency of production under commercial conditions. *Poultry Science*, 69, 1030–1033. <https://doi.org/10.3382/ps.0691030>
- Schimming, B., Domeniconi, R., Panhoza, M., Tse, H. y Orsi, A. (2012). Morfologia do epididimo de cobaio (*Cavia porcellus*) em diferentes fases do desenvolviminto pos-natal. *Braz. J. Vet. Anim.*, 307-317.
- SENASA, (2019). Cajamarca es el principal productor de cuy en el Perú. Consultado el 09 de diciembre de 2020. <https://www.senasa.gob.pe/senasacontigo/cajamarca-es-el-principal-productor-de-cuy-en-el-peru/#:~:text=Con%20poco%20m%C3%A1s%20de%20,%2C%20Ayacucho%2C%20Arequipa%20y%20Lambayeque.>
- Silva, P.F.N. y Gadella, B.M. (2006). Detection of damage in mammalian sperm cells. *Theriogenology*, 65(5), 958-978.
<http://www.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2005.09.010>

- Smith, K. (2014). What is Photobiology? *Photobiological Sciences Online*.
<http://photobiology.info/>
- Soler, C., Sancho, M., García, A., Fuentes, M., Núñez, J. y Cucho, H. (2014). Ejaculate fractioning effect on llama sperm head morphometry as assessed by the ISAS® CASA system. *Reproduction in Domestic Animals*, 49(1), 71-78.
<https://doi.org/10.1111/rda.12226>
- Solorzano, J.D. y Sarria, J.A. (2014). *Crianza, producción y comercialización de cuyes*. Editorial Macro. Lima-Perú. 191 p.
- Sumar, J., Novoa, C. y Enrique, F. (1968). Contribución al conocimiento de la vida reproductiva de los roedores peruanos. Universidad Mayor de San Marcos, Estación del Centro de Investigaciones IVITA.
- Tapia, A. y Tello, J. (2016). Evaluación Cualitativa-cuantitativa de espermatozoide de la cola del epidídimo de cuyes (*Cavia porcellus*) criollos y mejorados en dos edades reproductivas. Tesis de grado. Universidad de Cuenca. Cuenca-Ecuador.
- Tash, J.S. y Means, A.R. (1983). Cyclic adenosine 3', 5' monophosphate, calcium and protein phosphorylation in flagellar motility. *Biology of Reproduction*, 28, 75-104.
<https://doi.org/10.1095/biolreprod28.1.75>
- Thom, E.C. (1959). The Discomfort Index. *Weatherwise*, 12(2), 57-61.
<https://doi.org/10.1080/00431672.1959.9926960>
- Toledo, V.M. y Vargas, M.L. (2016). *Bienestar animal y calidad de la carne*. In: Martínez R (ed). *Bioética, inocuidad y bienestar animal: producción de carne y leche*. Universidad de Guanajuato. México.
- Trillmich, F., Mueller, B., Kaiser, S. y Krause, J. (2009). Puberty in female cavies (*Cavia aperea*) is affected by photoperiod and social conditions. *Physiology and Behavior*, 96(3), 476–80. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2008.11.014>
- Ugarelli, A., Evangelista-Vargas, S. y Santiani, A. (2017). Evaluation of acrosome integrity in epididimal alpaca sperm by flow cytometry. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 28(1), 130-40. <http://doi.org/10.15381/rivep.v28i1.12947>
- Valdivia, L. (2002). Fotobiología cutánea. Generalidades. *Revista Peruana de Dermatología* 12(2).
http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/dermatologia/v12_n2/fotobiologia_cutanea.htm
- Velazco, J. (2000). Resolviendo problemas de enfriamiento de canales. *Carnetec*. 7, 32-35.

- Verstegen, J., Iguer-Ouada, M. y Onclin, K. (2002). Computer assisted semen analyzers in andrology research and veterinary practice. *Theriogenology*, 57, 149–179. [https://doi.org/10.1016/S0093-691X\(01\)00664-1](https://doi.org/10.1016/S0093-691X(01)00664-1)
- Warriss, P. (2003). *Ciencia de la carne*. Zaragoza, España: Ed. Acribia.
- Wrolstad R.E. y Smith D.E. (2017). *Color Analysis*. In: Nielsen S. (eds) Food Analysis. *Food Science Text Series*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_31
- Yániz, J.L., Capistrós, S., Vicente-Fiel, S., Soler, C., de Murga, J.N. y Santolaria, P. (2014). Study of nuclear and acrosomal sperm morphometry in ram using a computer-assisted sperm morphometry analysis fluorescence (CASMA-F) method. *Theriogenology*, 82(6), 921-924. <http://doi.org/f6grp>
- Yániz, J. L., Soler, C. y Santolaria, P. (2015). Computer assisted sperm morphometry in mammals: A review. *Animal Reproduction Science*, 156, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2015.03.002>
- Yucra, A. (2013). Características microscópicas del semen y morfometría del espermatozoide del cuy doméstico (*Cavia porcellus*) y silvestre (*Cavia tschudii*). Tesis, Zootecnia, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, Facultad de Ciencias Agrarias. Cusco-Perú.
- Yunlong, C. y Smith, B. (1994). Sustainability in agriculture: A general review. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 49, 299-307. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(94\)90059-0](https://doi.org/10.1016/0167-8809(94)90059-0)
- Zarazaga, L.A., Gatica, M.C., Celi, I., Guzmán, J.L. y Malpoux, B. (2010). Effect of artificial long days and/or melatonin treatment on the sexual activity of Mediterranean bucks. *Small Ruminant Research*, 93, 110–8. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2010.05.008>
- Zuñiga, D. y Quisiyupanqui, L. (1995). Manejo de cuy. Texto, Primera Edición. Cusco, Peru: ALPHA.

ANEXOS

ANEXO 1. Análisis de varianza de peso vivo inicial de hembras

Variable dependiente: S0_PESO

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	8,650.32	2.00	4,325.16	0.99	0.41
Intersección	893,856.67	1.00	893,856.67	204.36	0.00
Tratamiento	8,650.32	2.00	4,325.16	0.99	0.41
Error	39,364.90	9.00	4,373.88		
Total	941,871.89	12.00			
Total corregida	48,015.22	11.00			
a	R cuadrado = .180 (R cuadrado corregida = -.002)				
CV	24.23%				

ANEXO 2. Análisis de covarianza de peso vivo semanal de hembras

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_PESO	1,779.21	2	889.61	1.72	0.24
	S2_PESO	2,898.56	2	1,449.28	3.75	0.07
	S3_PESO	5,076.98	2	2,538.49	2.65	0.13
	S4_PESO	1,594.68	2	797.34	0.70	0.53
	S5_PESO	3,180.78	2	1,590.39	0.58	0.58
	S6_PESO	6,777.45	2	3,388.73	0.96	0.42
	S7_PESO	5,023.50	2	2,511.75	0.50	0.62
	S8_PESO	1,989.99	2	995.00	0.15	0.86
	S9_PESO	5,448.40	2	2,724.20	0.44	0.66
S0_PESO	S1_PESO	30,319.62	1	30,319.62	58.76	0.00
	S2_PESO	39,978.84	1	39,978.84	103.46	0.00
	S3_PESO	37,973.27	1	37,973.27	39.62	0.00
	S4_PESO	40,858.01	1	40,858.01	35.72	0.00
	S5_PESO	43,682.18	1	43,682.18	15.99	0.00
	S6_PESO	39,637.45	1	39,637.45	11.28	0.01
	S7_PESO	37,235.42	1	37,235.42	7.43	0.03
	S8_PESO	37,476.94	1	37,476.94	5.64	0.04
	S9_PESO	31,026.90	1	31,026.90	5.00	0.06
Error	S1_PESO	4,127.87	8	515.98		
	S2_PESO	3,091.40	8	386.43		
	S3_PESO	7,667.13	8	958.39		
	S4_PESO	9,150.07	8	1,143.76		
	S5_PESO	21,858.45	8	2,732.31		
	S6_PESO	28,101.53	8	3,512.69		
	S7_PESO	40,069.45	8	5,008.68		
	S8_PESO	53,138.16	8	6,642.27		
	S9_PESO	49,684.16	8	6,210.52		
Total	S1_PESO	1,416,373.86	12			
	S2_PESO	1,918,296.27	12			
	S3_PESO	3,392,907.66	12			
	S4_PESO	4,225,769.60	12			
	S5_PESO	5,104,221.04	12			
	S6_PESO	6,106,754.43	12			
	S7_PESO	7,432,135.57	12			
	S8_PESO	8,424,070.29	12			
	S9_PESO	9,757,541.09	12			

a R cuadrado = .897 (R cuadrado corregida = .859)

b R cuadrado = .938 (R cuadrado corregida = .915)

c R cuadrado = .868 (R cuadrado corregida = .819)

d R cuadrado = .837 (R cuadrado corregida = .776)

e R cuadrado = .702 (R cuadrado corregida = .591)

f R cuadrado = .640 (R cuadrado corregida = .505)

g R cuadrado = .528 (R cuadrado corregida = .351)

h R cuadrado = .459 (R cuadrado corregida = .256)

i R cuadrado = .468 (R cuadrado corregida = .269)

CV S1_PESO 6.71%

CV S2_PESO 4.98%

CV S3_PESO 5.87%

CV S4_PESO 5.74%

CV S5_PESO 8.07%

CV S6_PESO 8.36%

CV S7_PESO 9.04%

CV S8_PESO 9.78%

CV S9_PESO 8.78%

ANEXO 3. Análisis de covarianza de peso semanal de hembras, incluyendo efecto de bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_PESO	1,915.56	2.00	957.78	1.59	0.29
	S2_PESO	3,416.99	2.00	1,708.50	8.83	0.02
	S3_PESO	5,412.75	2.00	2,706.38	3.71	0.10
	S4_PESO	2,450.77	2.00	1,225.38	1.03	0.42
	S5_PESO	4,976.88	2.00	2,488.44	0.77	0.51
	S6_PESO	8,543.22	2.00	4,271.61	0.91	0.46
	S7_PESO	7,345.62	2.00	3,672.81	0.55	0.61
	S8_PESO	3,747.25	2.00	1,873.62	0.20	0.82
	S9_PESO	6,244.70	2.00	3,122.35	0.38	0.70
Bloque	S1_PESO	1,111.17	3.00	370.39	0.61	0.63
	S2_PESO	2,124.09	3.00	708.03	3.66	0.10
	S3_PESO	4,023.77	3.00	1,341.26	1.84	0.26
	S4_PESO	3,229.65	3.00	1,076.55	0.91	0.50
	S5_PESO	5,755.62	3.00	1,918.54	0.60	0.64
	S6_PESO	4,729.89	3.00	1,576.63	0.34	0.80
	S7_PESO	6,477.05	3.00	2,159.02	0.32	0.81
	S8_PESO	6,634.38	3.00	2,211.46	0.24	0.87
	S9_PESO	8,161.51	3.00	2,720.50	0.33	0.81
S0_PESO	S1_PESO	16,089.52	1.00	16,089.52	26.67	0.00
	S2_PESO	24,072.88	1.00	24,072.88	124.43	0.00
	S3_PESO	24,955.10	1.00	24,955.10	34.25	0.00
	S4_PESO	27,430.00	1.00	27,430.00	23.17	0.00
	S5_PESO	35,615.13	1.00	35,615.13	11.06	0.02
	S6_PESO	32,379.89	1.00	32,379.89	6.93	0.05
	S7_PESO	33,389.22	1.00	33,389.22	4.97	0.08
	S8_PESO	34,828.54	1.00	34,828.54	3.74	0.11
	S9_PESO	29,748.56	1.00	29,748.56	3.58	0.12
Error	S1_PESO	3,016.70	5.00	603.34		
	S2_PESO	967.32	5.00	193.46		
	S3_PESO	3,643.36	5.00	728.67		
	S4_PESO	5,920.42	5.00	1,184.08		
	S5_PESO	16,102.83	5.00	3,220.57		
	S6_PESO	23,371.64	5.00	4,674.33		
	S7_PESO	33,592.40	5.00	6,718.48		
	S8_PESO	46,503.78	5.00	9,300.76		
	S9_PESO	41,522.65	5.00	8,304.53		
Total	S1_PESO	1,416,373.86	12.00			
	S2_PESO	1,918,296.27	12.00			
	S3_PESO	3,392,907.66	12.00			
	S4_PESO	4,225,769.60	12.00			
	S5_PESO	5,104,221.04	12.00			
	S6_PESO	6,106,754.43	12.00			
	S7_PESO	7,432,135.57	12.00			
	S8_PESO	8,424,070.29	12.00			
	S9_PESO	9,757,541.09	12.00			

a R cuadrado = .925 (R cuadrado corregida = .835)

b R cuadrado = .981 (R cuadrado corregida = .958)

c R cuadrado = .937 (R cuadrado corregida = .862)

d R cuadrado = .895 (R cuadrado corregida = .768)

e R cuadrado = .781 (R cuadrado corregida = .517)

f R cuadrado = .701 (R cuadrado corregida = .342)

g R cuadrado = .604 (R cuadrado corregida = .130)

h R cuadrado = .527 (R cuadrado corregida = -.041)

i R cuadrado = .556 (R cuadrado corregida = .022)

CV S1_PESO 7.25%

CV S2_PESO 3.53%

CV S3_PESO 5.12%

CV S4_PESO 5.84%

CV S5_PESO 8.76%

CV S6_PESO 9.65%

CV S7_PESO 10.48%

CV S8_PESO 11.58%

CV S9_PESO 10.15%

ANEXO 4. Medias marginales estimadas de peso vivo de hembras

Variable dependiente	Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
S1_PESO	CONTROL	349.32	12.11	321.39	377.26
	FOTOPERIODO	345.29	11.76	318.18	372.40
	RADIACION	321.34	11.42	295.00	347.67
S2_PESO	CONTROL	409.36	10.48	385.19	433.54
	FOTOPERIODO	401.72	10.17	378.26	425.18
	RADIACION	372.59	9.88	349.81	395.38
S3_PESO	CONTROL	536.04	16.51	497.97	574.11
	FOTOPERIODO	546.70	16.02	509.75	583.64
	RADIACION	498.71	15.56	462.82	534.60
S4_PESO	CONTROL	602.37	18.04	560.78	643.96
	FOTOPERIODO	592.38	17.50	552.02	632.74
	RADIACION	573.66	17.00	534.45	612.86
S5_PESO	CONTROL	662.82	27.88	598.53	727.10
	FOTOPERIODO	655.18	27.05	592.80	717.57
	RADIACION	624.45	26.28	563.86	685.04
S6_PESO	CONTROL	727.78	31.61	654.89	800.66
	FOTOPERIODO	723.68	30.67	652.95	794.42
	RADIACION	674.91	29.79	606.21	743.62
S7_PESO	CONTROL	801.59	37.74	714.56	888.62
	FOTOPERIODO	792.33	36.63	707.87	876.79
	RADIACION	753.51	35.58	671.47	835.55
S8_PESO	CONTROL	843.01	43.46	742.78	943.23
	FOTOPERIODO	841.27	42.18	744.00	938.53
	RADIACION	814.60	40.97	720.13	909.07
S9_PESO	CONTROL	903.72	42.03	806.81	1,000.64
	FOTOPERIODO	919.77	40.79	825.72	1,013.82
	RADIACION	868.73	39.62	777.38	960.08

a Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguientes valores: S0_PESO = 272.9250.

ANEXO 5. Análisis de varianza de peso vivo inicial de machos

Variable dependiente: S0_PESO

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	3,748.00	2.00	1,874.00	0.46	0.65
Intersección	1,254,274.68	1.00	1,254,274.68	307.68	0.00
Tratamiento	3,748.01	2.00	1,874.00	0.46	0.65
Error	36,689.50	9.00	4,076.61		
Total	1,294,712.18	12.00			
Total corregida	40,437.50	11.00			

a R cuadrado = .093 (R cuadrado corregida = -.109)

CV 19.75%

ANEXO 6. Análisis de covarianza de peso vivo semanal de machos

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_PESO	2,246.92	2.00	1,123.46	3.48	0.08
	S2_PESO	4,541.15	2.00	2,270.57	5.75	0.03
	S3_PESO	2,007.31	2.00	1,003.65	0.75	0.50
	S4_PESO	3,936.54	2.00	1,968.27	1.58	0.26
	S5_PESO	168.97	2.00	84.48	0.04	0.96
	S6_PESO	188.83	2.00	94.42	0.03	0.97
	S7_PESO	445.17	2.00	222.59	0.03	0.97
	S8_PESO	64.38	2.00	32.19	0.00	1.00
	S9_PESO	1,046.95	2.00	523.48	0.05	0.95
S0_PESO	S1_PESO	27,923.10	1.00	27,923.10	86.48	0.00
	S2_PESO	19,167.00	1.00	19,167.00	48.58	0.00
	S3_PESO	29,582.69	1.00	29,582.69	22.07	0.00
	S4_PESO	37,409.57	1.00	37,409.57	30.05	0.00
	S5_PESO	45,184.41	1.00	45,184.41	22.90	0.00
	S6_PESO	52,867.67	1.00	52,867.67	15.01	0.00
	S7_PESO	48,563.22	1.00	48,563.22	7.19	0.03
	S8_PESO	52,955.33	1.00	52,955.33	6.80	0.03
	S9_PESO	68,205.42	1.00	68,205.42	7.01	0.03
Error	S1_PESO	2,583.16	8.00	322.89		
	S2_PESO	3,156.49	8.00	394.56		
	S3_PESO	10,724.17	8.00	1,340.52		
	S4_PESO	9,958.95	8.00	1,244.87		
	S5_PESO	15,783.69	8.00	1,972.96		
	S6_PESO	28,180.90	8.00	3,522.61		

	S7_PESO	54,065.15	8.00	6,758.14
	S8_PESO	62,267.89	8.00	7,783.49
	S9_PESO	77,806.49	8.00	9,725.81
Total	S1_PESO	1,989,641.53	12.00	
	S2_PESO	2,733,255.39	12.00	
	S3_PESO	4,819,783.69	12.00	
	S4_PESO	6,236,417.23	12.00	
	S5_PESO	7,679,387.71	12.00	
	S6_PESO	9,674,929.46	12.00	
	S7_PESO	11,512,649.17	12.00	
	S8_PESO	13,104,801.45	12.00	
	S9_PESO	14,810,114.59	12.00	
a	R cuadrado = .937 (R cuadrado corregida = .914)			
b	R cuadrado = .905 (R cuadrado corregida = .869)			
c	R cuadrado = .787 (R cuadrado corregida = .707)			
d	R cuadrado = .842 (R cuadrado corregida = .783)			
e	R cuadrado = .766 (R cuadrado corregida = .679)			
f	R cuadrado = .676 (R cuadrado corregida = .554)			
g	R cuadrado = .514 (R cuadrado corregida = .331)			
h	R cuadrado = .488 (R cuadrado corregida = .296)			
i	R cuadrado = .513 (R cuadrado corregida = .331)			
	CV S1_PESO 4.46%			
	CV S2_PESO 4.19%			
	CV S3_PESO 5.81%			
	CV S4_PESO 4.92%			
	CV S5_PESO 5.58%			
	CV S6_PESO 6.64%			
	CV S7_PESO 8.43%			
	CV S8_PESO 8.48%			
	CV S9_PESO 8.93%			

Comparaciones por pares peso vivo machos

Variable dependiente	(I) Tratam	(J) Tratam	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
						Límite superior	Límite inferior
S1_PESO	CONTROL	FOTOPERIODO	-33.82	13.27	0.10	-73.84	6.19
		RADIACION	-8.53	12.73	1.00	-46.91	29.85
	FOTOPERIODO	CONTROL	33.82	13.27	0.10	-6.19	73.84
		RADIACION	25.30	13.08	0.27	-14.15	64.74
S2_PESO	CONTROL	RADIACION	8.53	12.73	1.00	-29.85	46.91
		FOTOPERIODO	-25.30	13.08	0.27	-64.74	14.15
		FOTOPERIODO	-43.66	14.67	0.05	-87.90	0.57
	FOTOPERIODO	RADIACION	-40.60	14.07	0.06	-83.02	1.83
		CONTROL	43.66	14.67	0.05	-0.57	87.90
		RADIACION	3.07	14.46	1.00	-40.53	46.67
S3_PESO	CONTROL	CONTROL	40.60	14.07	0.06	-1.83	83.02
		FOTOPERIODO	-3.07	14.46	1.00	-46.67	40.53
		FOTOPERIODO	-33.03	27.03	0.77	-114.56	48.50
	FOTOPERIODO	RADIACION	-17.18	25.93	1.00	-95.38	61.02
		CONTROL	33.03	27.03	0.77	-48.50	114.56
		RADIACION	15.85	26.65	1.00	-64.52	96.22
S4_PESO	CONTROL	CONTROL	17.18	25.93	1.00	-61.02	95.38
		FOTOPERIODO	-15.85	26.65	1.00	-96.22	64.52
		FOTOPERIODO	-46.33	26.05	0.34	-124.89	32.24
	FOTOPERIODO	RADIACION	-21.95	24.99	1.00	-97.31	53.41
		CONTROL	46.33	26.05	0.34	-32.24	124.89
		RADIACION	24.38	25.68	1.00	-53.07	101.83
S5_PESO	CONTROL	CONTROL	21.95	24.99	1.00	-53.41	97.31
		FOTOPERIODO	-24.38	25.68	1.00	-101.83	53.07
		FOTOPERIODO	-9.58	32.80	1.00	-108.49	89.33
	FOTOPERIODO	RADIACION	-4.06	31.46	1.00	-98.93	90.81
		CONTROL	9.58	32.80	1.00	-89.33	108.49
		RADIACION	5.52	32.33	1.00	-91.98	103.02
S6_PESO	CONTROL	CONTROL	4.06	31.46	1.00	-90.81	98.93
		FOTOPERIODO	-5.52	32.33	1.00	-103.02	91.98
		FOTOPERIODO	1.81	43.82	1.00	-130.35	133.97
	FOTOPERIODO	RADIACION	9.18	42.03	1.00	-117.58	135.95
		CONTROL	-1.81	43.82	1.00	-133.97	130.35
		RADIACION	7.37	43.20	1.00	-122.91	137.66
S7_PESO	CONTROL	CONTROL	-9.18	42.03	1.00	-135.95	117.58
		FOTOPERIODO	-7.37	43.20	1.00	-137.66	122.91
		FOTOPERIODO	-14.37	60.70	1.00	-197.43	168.69
	FOTOPERIODO	RADIACION	-1.80	58.22	1.00	-177.38	173.79
		CONTROL	14.37	60.70	1.00	-168.69	197.43
		RADIACION	12.57	59.84	1.00	-167.88	193.03

	RADIACION	CONTROL	1.80	58.22	1.00	-173.79	177.38
		FOTOPERIODO	-12.57	59.84	1.00	-193.03	167.88
S8_PESO	CONTROL	FOTOPERIODO	-3.05	65.14	1.00	-199.50	193.41
		RADIACION	2.79	62.48	1.00	-185.64	191.23
	FOTOPERIODO	CONTROL	3.05	65.14	1.00	-193.41	199.50
		RADIACION	5.84	64.22	1.00	-187.82	199.50
	RADIACION	CONTROL	-2.79	62.48	1.00	-191.23	185.64
		FOTOPERIODO	-5.84	64.22	1.00	-199.50	187.82
S9_PESO	CONTROL	FOTOPERIODO	-22.47	72.82	1.00	-242.08	197.13
		RADIACION	-3.89	69.85	1.00	-214.53	206.74
	FOTOPERIODO	CONTROL	22.47	72.82	1.00	-197.13	242.08
		RADIACION	18.58	71.78	1.00	-197.90	235.06
	RADIACION	CONTROL	3.89	69.85	1.00	-206.74	214.53
		FOTOPERIODO	-18.58	71.78	1.00	-235.06	197.90

Basadas en las medias marginales estimadas.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 7. Análisis de covarianza de peso semanal de machos, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_PESO	2,543.65	2.00	1,271.82	10.01	0.02
	S2_PESO	4,583.49	2.00	2,291.75	12.42	0.01
	S3_PESO	2,523.01	2.00	1,261.50	1.36	0.34
	S4_PESO	4,264.94	2.00	2,132.47	1.31	0.35
	S5_PESO	305.36	2.00	152.68	0.05	0.95
	S6_PESO	292.88	2.00	146.44	0.03	0.97
	S7_PESO	848.94	2.00	424.47	0.04	0.96
	S8_PESO	95.18	2.00	47.59	0.00	1.00
	S9_PESO	1,200.46	2.00	600.23	0.05	0.96
Bloque	S1_PESO	1,947.81	3.00	649.27	5.11	0.06
	S2_PESO	2,234.00	3.00	744.67	4.04	0.08
	S3_PESO	6,095.89	3.00	2,031.96	2.20	0.21
	S4_PESO	1,847.58	3.00	615.86	0.38	0.77
	S5_PESO	801.56	3.00	267.19	0.09	0.96
	S6_PESO	2,272.49	3.00	757.50	0.15	0.93
	S7_PESO	5,983.89	3.00	1,994.63	0.21	0.89
	S8_PESO	6,738.65	3.00	2,246.22	0.20	0.89
	S9_PESO	12,588.66	3.00	4,196.22	0.32	0.81
S0_PESO	S1_PESO	17,329.83	1.00	17,329.83	136.38	0.00
	S2_PESO	13,138.65	1.00	13,138.65	71.21	0.00
	S3_PESO	16,438.20	1.00	16,438.20	17.76	0.01
	S4_PESO	23,860.98	1.00	23,860.98	14.71	0.01
	S5_PESO	28,110.42	1.00	28,110.42	9.38	0.03
	S6_PESO	29,695.47	1.00	29,695.47	5.73	0.06
	S7_PESO	26,920.33	1.00	26,920.33	2.80	0.16
	S8_PESO	36,088.56	1.00	36,088.56	3.25	0.13
	S9_PESO	46,119.12	1.00	46,119.12	3.54	0.12
Error	S1_PESO	635.35	5.00	127.07		
	S2_PESO	922.49	5.00	184.50		
	S3_PESO	4,628.28	5.00	925.66		
	S4_PESO	8,111.36	5.00	1,622.27		
	S5_PESO	14,982.13	5.00	2,996.43		
	S6_PESO	25,908.41	5.00	5,181.68		
	S7_PESO	48,081.25	5.00	9,616.25		
	S8_PESO	55,529.24	5.00	11,105.85		
	S9_PESO	65,217.83	5.00	13,043.57		
Total	S1_PESO	1,989,641.53	12.00			
	S2_PESO	2,733,255.39	12.00			
	S3_PESO	4,819,783.69	12.00			
	S4_PESO	6,236,417.23	12.00			
	S5_PESO	7,679,387.71	12.00			
	S6_PESO	9,674,929.46	12.00			
	S7_PESO	11,512,649.17	12.00			
	S8_PESO	13,104,801.45	12.00			
	S9_PESO	14,810,114.59	12.00			

a R cuadrado = .985 (R cuadrado corregida = .966)

b R cuadrado = .972 (R cuadrado corregida = .939)

c R cuadrado = .908 (R cuadrado corregida = .798)

d R cuadrado = .872 (R cuadrado corregida = .718)

e R cuadrado = .778 (R cuadrado corregida = .512)

f R cuadrado = .702 (R cuadrado corregida = .345)

g R cuadrado = .568 (R cuadrado corregida = .049)

h R cuadrado = .544 (R cuadrado corregida = -.004)

i R cuadrado = .592 (R cuadrado corregida = .102)

CV S1_PESO 2.80%

CV S2_PESO 2.86%
 CV S3_PESO 4.83%
 CV S4_PESO 5.62%
 CV S5_PESO 6.87%
 CV S6_PESO 8.05%
 CV S7_PESO 10.06%
 CV S8_PESO 10.13%
 CV S9_PESO 10.34%

ANEXO 8. Medias marginales estimadas de peso vivo de machos

Variable dependiente	Tratamiento	Media	Error t \acute{p} .	Intervalo de confianza al 95%.	
				L \acute{i} mite inferior	L \acute{i} mite superior
S1_PESO	CONTROL	388.84	9.11	367.83	409.85
	FOTOPERIODO	422.66	9.28	401.27	444.06
	RADIACION	397.37	9.02	376.57	418.17
S2_PESO	CONTROL	446.25	10.07	423.03	469.48
	FOTOPERIODO	489.92	10.25	466.27	513.57
	RADIACION	486.85	9.97	463.86	509.84
S3_PESO	CONTROL	613.70	18.56	570.90	656.51
	FOTOPERIODO	646.74	18.90	603.15	690.32
	RADIACION	630.89	18.38	588.51	673.27
S4_PESO	CONTROL	694.48	17.89	653.23	735.74
	FOTOPERIODO	740.81	18.21	698.81	782.81
	RADIACION	716.43	17.71	675.59	757.27
S5_PESO	CONTROL	791.89	22.52	739.96	843.83
	FOTOPERIODO	801.48	22.93	748.60	854.35
	RADIACION	795.96	22.30	744.54	847.37
S6_PESO	CONTROL	897.53	30.09	828.14	966.93
	FOTOPERIODO	895.72	30.64	825.07	966.37
	RADIACION	888.35	29.79	819.65	957.05
S7_PESO	CONTROL	969.35	41.68	873.23	1,065.47
	FOTOPERIODO	983.72	42.44	885.86	1,081.59
	RADIACION	971.15	41.26	875.99	1,066.31
S8_PESO	CONTROL	1,040.07	44.73	936.92	1,143.23
	FOTOPERIODO	1,043.12	45.54	938.10	1,148.15
	RADIACION	1,037.28	44.28	935.16	1,139.40
S9_PESO	CONTROL	1,096.14	50.00	980.83	1,211.44
	FOTOPERIODO	1,118.61	50.91	1,001.21	1,236.01
	RADIACION	1,100.03	49.50	985.88	1,214.18

a Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguientes valores: S0_PESO = 323.3000.

ANEXO 9. Análisis de varianza de peso semanal, incluyendo interacción tratamiento*sexo

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_PESO	2,355.55	2.00	1,177.77	2.98	0.08
	S2_PESO	1,454.08	2.00	727.04	1.59	0.23
	S3_PESO	3,968.97	2.00	1,984.48	1.82	0.19
	S4_PESO	1,989.42	2.00	994.71	0.88	0.43
	S5_PESO	1,736.79	2.00	868.39	0.39	0.68
	S6_PESO	5,149.76	2.00	2,574.88	0.77	0.48
	S7_PESO	3,525.09	2.00	1,762.55	0.32	0.73
	S8_PESO	1,635.27	2.00	817.63	0.12	0.89
	S9_PESO	5,367.21	2.00	2,683.60	0.35	0.71
Sexo	S1_PESO	2,044.97	1.00	2,044.97	5.18	0.04
	S2_PESO	6,458.31	1.00	6,458.31	14.09	0.00
	S3_PESO	15,600.18	1.00	15,600.18	14.32	0.00
	S4_PESO	29,388.78	1.00	29,388.78	26.14	0.00
	S5_PESO	44,666.38	1.00	44,666.38	20.14	0.00
	S6_PESO	84,148.54	1.00	84,148.54	25.09	0.00
	S7_PESO	96,519.10	1.00	96,519.10	17.32	0.00
	S8_PESO	116,359.58	1.00	116,359.58	17.00	0.00
	S9_PESO	114,341.12	1.00	114,341.12	14.75	0.00
Tratam * Sexo	S1_PESO	1,795.15	2.00	897.58	2.27	0.13
	S2_PESO	4,772.06	2.00	2,386.03	5.21	0.02
	S3_PESO	2,766.42	2.00	1,383.21	1.27	0.31
	S4_PESO	3,736.85	2.00	1,868.43	1.66	0.22
	S5_PESO	1,895.93	2.00	947.97	0.43	0.66
	S6_PESO	2,541.42	2.00	1,270.71	0.38	0.69
	S7_PESO	2,963.72	2.00	1,481.86	0.27	0.77
	S8_PESO	981.26	2.00	490.63	0.07	0.93
	S9_PESO	2,641.53	2.00	1,320.76	0.17	0.84
S0_PESO	S1_PESO	58,242.20	1.00	58,242.20	147.52	0.00
	S2_PESO	57,603.50	1.00	57,603.50	125.70	0.00

	S3_PESO	67,421.25	1.00	67,421.25	61.87	0.00
	S4_PESO	78,266.04	1.00	78,266.04	69.62	0.00
	S5_PESO	88,806.32	1.00	88,806.32	40.04	0.00
	S6_PESO	91,768.59	1.00	91,768.59	27.36	0.00
	S7_PESO	85,197.54	1.00	85,197.54	15.29	0.00
	S8_PESO	89,465.21	1.00	89,465.21	13.07	0.00
	S9_PESO	94,935.97	1.00	94,935.97	12.25	0.00
Error	S1_PESO	6,711.55	17.00	394.80		
	S2_PESO	7,790.23	17.00	458.25		
	S3_PESO	18,526.00	17.00	1,089.76		
	S4_PESO	19,110.57	17.00	1,124.15		
	S5_PESO	37,702.41	17.00	2,217.79		
	S6_PESO	57,018.96	17.00	3,354.06		
	S7_PESO	94,735.70	17.00	5,572.69		
	S8_PESO	116,373.11	17.00	6,845.48		
	S9_PESO	131,787.00	17.00	7,752.18		
Total	S1_PESO	3,406,015.39	24.00			
	S2_PESO	4,651,551.66	24.00			
	S3_PESO	8,212,691.35	24.00			
	S4_PESO	10,462,186.83	24.00			
	S5_PESO	12,783,608.75	24.00			
	S6_PESO	15,781,683.89	24.00			
	S7_PESO	18,944,784.74	24.00			
	S8_PESO	21,528,871.74	24.00			
	S9_PESO	24,567,655.68	24.00			

a	R cuadrado = .937 (R cuadrado corregida = .914)
b	R cuadrado = .936 (R cuadrado corregida = .913)
c	R cuadrado = .893 (R cuadrado corregida = .855)
d	R cuadrado = .912 (R cuadrado corregida = .881)
e	R cuadrado = .862 (R cuadrado corregida = .814)
f	R cuadrado = .846 (R cuadrado corregida = .792)
g	R cuadrado = .773 (R cuadrado corregida = .693)
h	R cuadrado = .756 (R cuadrado corregida = .670)
i	R cuadrado = .742 (R cuadrado corregida = .652)

CV S1_PESO 5.36%
CV S2_PESO 4.93%
CV S3_PESO 5.70%
CV S4_PESO 5.13%
CV S5_PESO 6.52%
CV S6_PESO 7.23%
CV S7_PESO 8.50%
CV S8_PESO 8.83%
CV S9_PESO 8.79%

ANEXO 10. Análisis de varianza de circunferencia torácica inicial de hembras

Variable dependiente: S0_TORAX

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	4.34	2.00	2.17	1.84	0.21
Intersección	2,352.00	1.00	2,352.00	1,993.22	0.00
Tratamiento	4.34	2.00	2.17	1.84	0.21
Error	10.62	9.00	1.18		
Total	2,366.96	12.00			
Total corregida	14.96	11.00			

a R cuadrado = .290 (R cuadrado corregida = .132)
CV 7.76%

ANEXO 11. Análisis de covarianza de circunferencia torácica semanal de hembras

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_TORAX	2.75	2.00	1.37	15.86	0.00
	S2_TORAX	1.53	2.00	0.77	2.45	0.15
	S3_TORAX	2.41	2.00	1.20	6.79	0.02
	S4_TORAX	1.88	2.00	0.94	3.36	0.09
	S5_TORAX	1.51	2.00	0.76	3.99	0.06
	S6_TORAX	1.98	2.00	0.99	4.59	0.05
	S7_TORAX	0.93	2.00	0.47	2.48	0.15
	S8_TORAX	0.53	2.00	0.26	0.81	0.48
	S9_TORAX	0.55	2.00	0.27	1.35	0.31
S0_TORAX	S1_TORAX	11.50	1.00	11.50	132.80	0.00
	S2_TORAX	2.91	1.00	2.91	9.28	0.02
	S3_TORAX	2.57	1.00	2.57	14.52	0.01
	S4_TORAX	2.89	1.00	2.89	10.32	0.01
	S5_TORAX	2.01	1.00	2.01	10.61	0.01

	S6_TORAX	2.38	1.00	2.38	11.01	0.01
	S7_TORAX	1.03	1.00	1.03	5.48	0.05
	S8_TORAX	1.46	1.00	1.46	4.49	0.07
	S9_TORAX	1.66	1.00	1.66	8.21	0.02
Error	S1_TORAX	0.69	8.00	0.09		
	S2_TORAX	2.51	8.00	0.31		
	S3_TORAX	1.42	8.00	0.18		
	S4_TORAX	2.24	8.00	0.28		
	S5_TORAX	1.52	8.00	0.19		
	S6_TORAX	1.73	8.00	0.22		
	S7_TORAX	1.51	8.00	0.19		
	S8_TORAX	2.60	8.00	0.32		
	S9_TORAX	1.62	8.00	0.20		
Total	S1_TORAX	2,623.56	12.00			
	S2_TORAX	2,391.92	12.00			
	S3_TORAX	2,578.85	12.00			
	S4_TORAX	2,736.84	12.00			
	S5_TORAX	2,925.14	12.00			
	S6_TORAX	3,083.64	12.00			
	S7_TORAX	3,339.87	12.00			
	S8_TORAX	3,520.18	12.00			
	S9_TORAX	3,710.01	12.00			

a	R cuadrado = .946 (R cuadrado corregida = .926)
b	R cuadrado = .595 (R cuadrado corregida = .444)
c	R cuadrado = .775 (R cuadrado corregida = .691)
d	R cuadrado = .668 (R cuadrado corregida = .544)
e	R cuadrado = .686 (R cuadrado corregida = .568)
f	R cuadrado = .670 (R cuadrado corregida = .546)
g	R cuadrado = .530 (R cuadrado corregida = .353)
h	R cuadrado = .412 (R cuadrado corregida = .192)
i	R cuadrado = .529 (R cuadrado corregida = .352)

CV S1_Torax 1.99%
 CV S2_Torax 3.97%
 CV S3_Torax 2.87%
 CV S4_Torax 3.51%
 CV S5_Torax 2.79%
 CV S6_Torax 2.90%
 CV S7_Torax 2.60%
 CV S8_Torax 3.33%
 CV S9_Torax 2.56%

Comparaciones por pares tórax hembras

Variable dependiente	(I) Tratam	(J) Tratam	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
						Límite superior	Límite inferior
S1_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.03	0.21	1.00	-0.67	0.61
		RADIACION	1.16	0.25	0.00	0.42	1.90
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.03	0.21	1.00	-0.61	0.67
		RADIACION	1.19	0.23	0.00	0.51	1.87
S2_TORAX	CONTROL	CONTROL	-1.16	0.25	0.00	-1.90	-0.42
		FOTOPERIODO	-1.19	0.23	0.00	-1.87	-0.51
	FOTOPERIODO	CONTROL	-0.34	0.41	1.00	-1.56	0.88
		RADIACION	0.61	0.47	0.69	-0.80	2.02
S3_TORAX	CONTROL	CONTROL	0.34	0.41	1.00	-0.88	1.56
		RADIACION	0.95	0.43	0.17	-0.34	2.24
	RADIACION	CONTROL	-0.61	0.47	0.69	-2.02	0.80
		FOTOPERIODO	-0.95	0.43	0.17	-2.24	0.34
S4_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.83	0.30	0.08	-1.75	0.09
		RADIACION	0.24	0.35	1.00	-0.82	1.30
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.83	0.30	0.08	-0.09	1.75
		RADIACION	1.07	0.32	0.03	0.10	2.04
S5_TORAX	CONTROL	CONTROL	-0.24	0.35	1.00	-1.30	0.82
		FOTOPERIODO	-1.07	0.32	0.03	-2.04	-0.10
	FOTOPERIODO	FOTOPERIODO	-0.64	0.38	0.40	-1.79	0.52
		RADIACION	0.36	0.44	1.00	-0.98	1.69
S6_TORAX	CONTROL	CONTROL	0.64	0.38	0.40	-0.52	1.79
		RADIACION	1.00	0.40	0.12	-0.22	2.22
	RADIACION	CONTROL	-0.36	0.44	1.00	-1.69	0.98
		FOTOPERIODO	-1.00	0.40	0.12	-2.22	0.22
S7_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.58	0.31	0.30	-1.53	0.37
		RADIACION	0.31	0.36	1.00	-0.79	1.40
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.58	0.31	0.30	-0.37	1.53
		RADIACION	0.89	0.33	0.09	-0.12	1.89
S8_TORAX	CONTROL	CONTROL	-0.31	0.36	1.00	-1.40	0.79
		FOTOPERIODO	-0.89	0.33	0.09	-1.89	0.12

S6_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.44	0.34	0.69	-1.45	0.58
		RADIACION	0.64	0.39	0.42	-0.53	1.81
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.44	0.34	0.69	-0.58	1.45
RADIACION		1.07	0.36	0.05	0.00	2.15	
S7_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.64	0.39	0.42	-1.81	0.53
		RADIACION	-1.07	0.36	0.05	-2.15	-0.00
	FOTOPERIODO	FOTOPERIODO	-0.39	0.31	0.73	-1.34	0.55
RADIACION		0.33	0.36	1.00	-0.77	1.42	
S8_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	0.39	0.31	0.73	-0.55	1.34
		RADIACION	0.72	0.33	0.18	-0.28	1.72
	FOTOPERIODO	CONTROL	-0.33	0.36	1.00	-1.42	0.77
RADIACION		-0.72	0.33	0.18	-1.72	0.28	
S9_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.24	0.41	1.00	-1.48	1.00
		RADIACION	0.31	0.48	1.00	-1.12	1.75
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.24	0.41	1.00	-1.00	1.48
RADIACION		0.55	0.44	0.72	-0.76	1.87	
S0_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.31	0.48	1.00	-1.75	1.12
		RADIACION	-0.55	0.44	0.72	-1.87	0.76
	FOTOPERIODO	FOTOPERIODO	-0.08	0.33	1.00	-1.06	0.91
RADIACION		0.47	0.38	0.73	-0.66	1.61	
S0_TORAX	CONTROL	FOTOPERIODO	0.08	0.33	1.00	-0.91	1.06
		RADIACION	0.55	0.34	0.44	-0.49	1.59
	FOTOPERIODO	CONTROL	-0.47	0.38	0.73	-1.61	0.66
RADIACION		-0.55	0.34	0.44	-1.59	0.49	

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 12. Análisis de covarianza de circunferencia torácica semanal de hembras, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_TORAX	1.34	2.00	0.67	15.69	0.01
	S2_TORAX	1.48	2.00	0.74	2.48	0.18
	S3_TORAX	2.31	2.00	1.15	4.80	0.07
	S4_TORAX	1.79	2.00	0.89	2.44	0.18
	S5_TORAX	1.44	2.00	0.72	2.39	0.19
	S6_TORAX	1.65	2.00	0.83	2.68	0.16
	S7_TORAX	0.85	2.00	0.43	1.50	0.31
	S8_TORAX	0.63	2.00	0.31	0.70	0.54
	S9_TORAX	0.68	2.00	0.34	1.19	0.38
Bloque	S1_TORAX	0.48	3.00	0.16	3.73	0.10
	S2_TORAX	1.02	3.00	0.34	1.14	0.42
	S3_TORAX	0.22	3.00	0.07	0.30	0.83
	S4_TORAX	0.41	3.00	0.14	0.37	0.78
	S5_TORAX	0.01	3.00	0.00	0.01	1.00
	S6_TORAX	0.19	3.00	0.06	0.20	0.89
	S7_TORAX	0.08	3.00	0.03	0.10	0.96
	S8_TORAX	0.36	3.00	0.12	0.27	0.85
	S9_TORAX	0.19	3.00	0.06	0.22	0.88
S0_TORAX	S1_TORAX	2.58	1.00	2.58	60.24	0.00
	S2_TORAX	1.41	1.00	1.41	4.72	0.08
	S3_TORAX	0.86	1.00	0.86	3.57	0.12
	S4_TORAX	1.10	1.00	1.10	3.01	0.14
	S5_TORAX	0.77	1.00	0.77	2.55	0.17
	S6_TORAX	0.77	1.00	0.77	2.52	0.17
	S7_TORAX	0.38	1.00	0.38	1.35	0.30
	S8_TORAX	0.93	1.00	0.93	2.09	0.21
	S9_TORAX	1.11	1.00	1.11	3.87	0.11
Error	S1_TORAX	0.21	5.00	0.04		
	S2_TORAX	1.49	5.00	0.30		
	S3_TORAX	1.20	5.00	0.24		
	S4_TORAX	1.83	5.00	0.37		
	S5_TORAX	1.51	5.00	0.30		
	S6_TORAX	1.54	5.00	0.31		
	S7_TORAX	1.42	5.00	0.28		
	S8_TORAX	2.24	5.00	0.45		
	S9_TORAX	1.43	5.00	0.29		
Total	S1_TORAX	2,623.56	12.00			
	S2_TORAX	2,391.92	12.00			
	S3_TORAX	2,578.85	12.00			
	S4_TORAX	2,736.84	12.00			
	S5_TORAX	2,925.14	12.00			
	S6_TORAX	3,083.64	12.00			
	S7_TORAX	3,339.87	12.00			
	S8_TORAX	3,520.18	12.00			

	S9_TORAX	3,710.01	12.00
a	R cuadrado = .983 (R cuadrado corregida = .963)		
b	R cuadrado = .759 (R cuadrado corregida = .471)		
c	R cuadrado = .810 (R cuadrado corregida = .581)		
d	R cuadrado = .729 (R cuadrado corregida = .404)		
e	R cuadrado = .687 (R cuadrado corregida = .312)		
f	R cuadrado = .706 (R cuadrado corregida = .353)		
g	R cuadrado = .555 (R cuadrado corregida = .021)		
h	R cuadrado = .493 (R cuadrado corregida = -.115)		
i	R cuadrado = .584 (R cuadrado corregida = .085)		
CV S1_Torax	1.36%		
CV S2_Torax	3.88%		
CV S3_Torax	3.35%		
CV S4_Torax	4.03%		
CV S5_Torax	3.51%		
CV S6_Torax	3.48%		
CV S7_Torax	3.17%		
CV S8_Torax	3.92%		
CV S9_Torax	3.06%		

ANEXO 13. Medias marginales estimadas de circunferencia torácica de hembras

Variable dependiente	Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
S1_TORAX	CONTROL	15.13	0.16	14.76	15.49
	FOTOPERIODO	15.16	0.15	14.82	15.50
	RADIACION	13.97	0.16	13.59	14.35
S2_TORAX	CONTROL	14.19	0.30	13.50	14.89
	FOTOPERIODO	14.53	0.28	13.88	15.18
	RADIACION	13.58	0	12.86	14.30
S3_TORAX	CONTROL	14.44	0.23	13.92	14.97
	FOTOPERIODO	15.27	0.21	14.79	15.76
	RADIACION	14.21	0.23	13.67	14.75
S4_TORAX	CONTROL	14.99	0.28	14.33	15.65
	FOTOPERIODO	15.63	0.27	15.02	16.24
	RADIACION	14.63	0.29	13.95	15.31
S5_TORAX	CONTROL	15.51	0.23	14.97	16.05
	FOTOPERIODO	16.09	0.22	15.59	16.59
	RADIACION	15.20	0.24	14.64	15.76
S6_TORAX	CONTROL	16.08	0.25	15.51	16.66
	FOTOPERIODO	16.52	0.23	15.98	17.06
	RADIACION	15.45	0.26	14.85	16.04
S7_TORAX	CONTROL	16.65	0.23	16.11	17.19
	FOTOPERIODO	17.05	0.22	16.54	17.55
	RADIACION	16.33	0.24	15.77	16.88
S8_TORAX	CONTROL	17.14	0.31	16.43	17.85
	FOTOPERIODO	17.38	0.29	16.72	18.04
	RADIACION	16.83	0.32	16.10	17.56
S9_TORAX	CONTROL	17.71	0.24	17.15	18.27
	FOTOPERIODO	17.78	0.23	17.26	18.31
	RADIACION	17.23	0.25	16.65	17.81
a	Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguientes valores: S0_TORAX = 14.0000.				

ANEXO 14. Análisis de varianza de circunferencia torácica inicial de machos

Variable dependiente: S0_TORAX

Fuente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Modelo corregido	4.25	2.00	2.12	2.98	0.10
Intersección	2,724.05	1.00	2,724.05	3,818.77	0.00
Tratamiento	4.25	2.00	2.12	2.98	0.10
Error	6.42	9.00	0.71		
Total	2,734.72	12.00			
Total corregida	10.67	11.00			
a	R cuadrado = .398 (R cuadrado corregida = .264)				
CV	5.61%				

ANEXO 15. Análisis de covarianza de circunferencia torácica semanal de machos

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_TORAX	0.67	2.00	0.34	1.24	0.34
	S2_TORAX	0.28	2.00	0.14	0.12	0.89
	S3_TORAX	1.28	2.00	0.64	0.99	0.41
	S4_TORAX	0.83	2.00	0.41	0.43	0.67
	S5_TORAX	1.05	2.00	0.52	0.72	0.52

	S6_TORAX	1.06	2.00	0.53	0.69	0.53
	S7_TORAX	0.24	2.00	0.12	0.14	0.87
	S8_TORAX	0.04	2.00	0.02	0.02	0.98
	S9_TORAX	0.34	2.00	0.17	0.12	0.89
S0_TORAX	S1_TORAX	5.61	1.00	5.61	20.65	0.00
	S2_TORAX	0.77	1.00	0.77	0.63	0.45
	S3_TORAX	2.52	1.00	2.52	3.89	0.08
	S4_TORAX	2.64	1.00	2.64	2.72	0.14
	S5_TORAX	3.57	1.00	3.57	4.89	0.06
	S6_TORAX	3.09	1.00	3.09	4.02	0.08
	S7_TORAX	1.98	1.00	1.98	2.28	0.17
	S8_TORAX	2.26	1.00	2.26	1.95	0.20
	S9_TORAX	1.90	1.00	1.90	1.32	0.28
Error	S1_TORAX	2.17	8.00	0.27		
	S2_TORAX	9.82	8.00	1.23		
	S3_TORAX	5.18	8.00	0.65		
	S4_TORAX	7.77	8.00	0.97		
	S5_TORAX	5.85	8.00	0.73		
	S6_TORAX	6.15	8.00	0.77		
	S7_TORAX	6.94	8.00	0.87		
	S8_TORAX	9.27	8.00	1.16		
	S9_TORAX	11.53	8.00	1.44		
Total	S1_TORAX	2,820.00	12.00			
	S2_TORAX	2,609.64	12.00			
	S3_TORAX	2,954.64	12.00			
	S4_TORAX	3,236.13	12.00			
	S5_TORAX	3,427.15	12.00			
	S6_TORAX	3,719.34	12.00			
	S7_TORAX	3,940.64	12.00			
	S8_TORAX	4,246.42	12.00			
	S9_TORAX	4,437.80	12.00			
a		R cuadrado = .801 (R cuadrado corregida = .726)				
b		R cuadrado = .080 (R cuadrado corregida = -.265)				
c		R cuadrado = .443 (R cuadrado corregida = .234)				
d		R cuadrado = .346 (R cuadrado corregida = .101)				
e		R cuadrado = .413 (R cuadrado corregida = .193)				
f		R cuadrado = .335 (R cuadrado corregida = .086)				
g		R cuadrado = .256 (R cuadrado corregida = -.023)				
h		R cuadrado = .267 (R cuadrado corregida = -.008)				
i		R cuadrado = .184 (R cuadrado corregida = -.123)				
	CV S1_Torax	3.41%				
	CV S2_Torax	7.53%				
	CV S3_Torax	5.14%				
	CV S4_Torax	6.01%				
	CV S5_Torax	5.07%				
	CV S6_Torax	4.99%				
	CV S7_Torax	5.14%				
	CV S8_Torax	5.73%				
	CV S9_Torax	6.25%				

ANEXO 16. Análisis de covarianza de circunferencia torácica semanal de machos, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_TORAX	0.86	2.00	0.43	1.76	0.26
	S2_TORAX	0.41	2.00	0.20	0.26	0.78
	S3_TORAX	1.43	2.00	0.72	2.87	0.15
	S4_TORAX	1.36	2.00	0.68	2.50	0.18
	S5_TORAX	1.82	2.00	0.91	2.69	0.16
	S6_TORAX	2.20	2.00	1.10	6.72	0.04
	S7_TORAX	1.05	2.00	0.52	2.39	0.19
	S8_TORAX	0.80	2.00	0.40	1.48	0.31
	S9_TORAX	1.59	2.00	0.79	1.95	0.24
Bloque	S1_TORAX	0.95	3.00	0.32	1.29	0.37
	S2_TORAX	5.91	3.00	1.97	2.51	0.17
	S3_TORAX	3.93	3.00	1.31	5.24	0.05
	S4_TORAX	6.41	3.00	2.14	7.89	0.02
	S5_TORAX	4.16	3.00	1.39	4.09	0.08
	S6_TORAX	5.34	3.00	1.78	10.89	0.01
	S7_TORAX	5.84	3.00	1.95	8.89	0.02
	S8_TORAX	7.91	3.00	2.64	9.71	0.02
	S9_TORAX	9.49	3.00	3.16	7.78	0.02
S0_TORAX	S1_TORAX	6.44	1.00	6.44	26.27	0.00
	S2_TORAX	1.01	1.00	1.01	1.29	0.31
	S3_TORAX	2.85	1.00	2.85	11.40	0.02
	S4_TORAX	4.80	1.00	4.80	17.69	0.01

	S5_TORAX	5.44	1.00	5.44	16.07	0.01
	S6_TORAX	5.48	1.00	5.48	33.53	0.00
	S7_TORAX	4.63	1.00	4.63	21.12	0.01
	S8_TORAX	6.25	1.00	6.25	23.00	0.00
	S9_TORAX	6.31	1.00	6.31	15.51	0.01
Error	S1_TORAX	1.22	5.00	0.24		
	S2_TORAX	3.92	5.00	0.78		
	S3_TORAX	1.25	5.00	0.25		
	S4_TORAX	1.36	5.00	0.27		
	S5_TORAX	1.69	5.00	0.34		
	S6_TORAX	0.82	5.00	0.16		
	S7_TORAX	1.10	5.00	0.22		
	S8_TORAX	1.36	5.00	0.27		
	S9_TORAX	2.03	5.00	0.41		
Total	S1_TORAX	2,820.00	12.00			
	S2_TORAX	2,609.64	12.00			
	S3_TORAX	2,954.64	12.00			
	S4_TORAX	3,236.13	12.00			
	S5_TORAX	3,427.15	12.00			
	S6_TORAX	3,719.34	12.00			
	S7_TORAX	3,940.64	12.00			
	S8_TORAX	4,246.42	12.00			
	S9_TORAX	4,437.80	12.00			
a		R cuadrado = .888 (R cuadrado corregida = .753)				
b		R cuadrado = .633 (R cuadrado corregida = .193)				
c		R cuadrado = .866 (R cuadrado corregida = .705)				
d		R cuadrado = .886 (R cuadrado corregida = .749)				
e		R cuadrado = .830 (R cuadrado corregida = .626)				
f		R cuadrado = .912 (R cuadrado corregida = .806)				
g		R cuadrado = .882 (R cuadrado corregida = .741)				
h		R cuadrado = .893 (R cuadrado corregida = .764)				
i		R cuadrado = .856 (R cuadrado corregida = .683)				
	CV S1_Torax	3.20%				
	CV S2_Torax	6.00%				
	CV S3_Torax	3.19%				
	CV S4_Torax	3.17%				
	CV S5_Torax	3.46%				
	CV S6_Torax	2.27%				
	CV S7_Torax	2.59%				
	CV S8_Torax	2.77%				
	CV S9_Torax	3.33%				

ANEXO 17. Medias marginales estimadas de circunferencia torácica de machos

Variable dependiente	Tratamiento	Media	Error típ.	Intervalo de confianza al 95%.	
				Límite inferior	Límite superior
S1_TORAX	CONTROL	15.13	0.28	14.48	15.78
	FOTOPERIODO	15.65	0.27	15.03	16.27
	RADIACION	15.12	0.31	14.40	15.84
S2_TORAX	CONTROL	14.78	0.60	13.40	16.16
	FOTOPERIODO	14.91	0.57	13.59	16.23
	RADIACION	14.46	0.66	12.93	15.99
S3_TORAX	CONTROL	15.47	0.43	14.47	16.48
	FOTOPERIODO	16.15	0.41	15.19	17.10
	RADIACION	15.38	0.48	14.27	16.49
S4_TORAX	CONTROL	16.23	0.53	15.00	17.46
	FOTOPERIODO	16.78	0.51	15.61	17.95
	RADIACION	16.17	0.59	14.81	17.53
S5_TORAX	CONTROL	16.96	0.46	15.90	18.03
	FOTOPERIODO	17.26	0.44	16.25	18.28
	RADIACION	16.40	0.51	15.22	17.58
S6_TORAX	CONTROL	17.91	0.47	16.82	19.00
	FOTOPERIODO	17.79	0.45	16.75	18.84
	RADIACION	17.05	0.52	15.84	18.26
S7_TORAX	CONTROL	18.16	0.50	17.00	19.32
	FOTOPERIODO	18.28	0.48	17.17	19.38
	RADIACION	17.86	0.56	16.58	19.15
S8_TORAX	CONTROL	18.78	0.58	17.44	20.12
	FOTOPERIODO	18.86	0.55	17.58	20.14
	RADIACION	18.71	0.64	17.22	20.19
S9_TORAX	CONTROL	19.16	0.65	17.66	20.65
	FOTOPERIODO	19.45	0.62	18.02	20.87
	RADIACION	19.00	0.72	17.34	20.65

a Las covariables que aparecen en el modelo se evalúan en los siguiente valores: S0_TORAX = 15.0667.

ANEXO 18. Análisis de varianza de circunferencia torácica, incluyendo interacción tratamiento*sexo

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_TORAX	2.44	2.00	1.22	7.12	0.01
	S2_TORAX	1.69	2.00	0.85	1.15	0.34
	S3_TORAX	3.47	2.00	1.73	4.41	0.03
	S4_TORAX	2.44	2.00	1.22	2.06	0.16
	S5_TORAX	2.24	2.00	1.12	2.46	0.12
	S6_TORAX	2.49	2.00	1.25	2.62	0.10
	S7_TORAX	0.90	2.00	0.45	0.88	0.43
	S8_TORAX	0.33	2.00	0.16	0.23	0.80
	S9_TORAX	0.72	2.00	0.36	0.46	0.64
Sexo	S1_TORAX	1.15	1.00	1.15	6.70	0.02
	S2_TORAX	0.07	1.00	0.07	0.10	0.76
	S3_TORAX	0.85	1.00	0.85	2.17	0.16
	S4_TORAX	2.12	1.00	2.12	3.58	0.08
	S5_TORAX	2.02	1.00	2.02	4.42	0.05
	S6_TORAX	4.06	1.00	4.06	8.54	0.01
	S7_TORAX	4.24	1.00	4.24	8.30	0.01
	S8_TORAX	5.98	1.00	5.98	8.43	0.01
	S9_TORAX	5.60	1.00	5.60	7.19	0.02
Tratam * Sexo	S1_TORAX	1.00	2.00	0.50	2.93	0.08
	S2_TORAX	0.11	2.00	0.06	0.08	0.93
	S3_TORAX	0.21	2.00	0.11	0.27	0.77
	S4_TORAX	0.32	2.00	0.16	0.27	0.77
	S5_TORAX	0.13	2.00	0.07	0.15	0.87
	S6_TORAX	0.37	2.00	0.19	0.39	0.68
	S7_TORAX	0.33	2.00	0.17	0.33	0.73
	S8_TORAX	0.47	2.00	0.24	0.33	0.72
	S9_TORAX	0.27	2.00	0.14	0.17	0.84
S0_TORAX	S1_TORAX	17.06	1.00	17.06	99.66	0.00
	S2_TORAX	3.55	1.00	3.55	4.85	0.04
	S3_TORAX	5.02	1.00	5.02	12.78	0.00
	S4_TORAX	5.47	1.00	5.47	9.24	0.01
	S5_TORAX	5.20	1.00	5.20	11.40	0.00
	S6_TORAX	5.27	1.00	5.27	11.10	0.00
	S7_TORAX	2.77	1.00	2.77	5.43	0.03
	S8_TORAX	3.52	1.00	3.52	4.96	0.04
	S9_TORAX	3.47	1.00	3.47	4.46	0.05
Error	S1_TORAX	2.91	17.00	0.17		
	S2_TORAX	12.46	17.00	0.73		
	S3_TORAX	6.67	17.00	0.39		
	S4_TORAX	10.07	17.00	0.59		
	S5_TORAX	7.75	17.00	0.46		
	S6_TORAX	8.08	17.00	0.48		
	S7_TORAX	8.68	17.00	0.51		
	S8_TORAX	12.07	17.00	0.71		
	S9_TORAX	13.24	17.00	0.78		
Total	S1_TORAX	5,443.56	24.00			
	S2_TORAX	5,001.56	24.00			
	S3_TORAX	5,533.49	24.00			
	S4_TORAX	5,972.97	24.00			
	S5_TORAX	6,352.29	24.00			
	S6_TORAX	6,802.98	24.00			
	S7_TORAX	7,280.51	24.00			
	S8_TORAX	7,766.60	24.00			
	S9_TORAX	8,147.81	24.00			

a R cuadrado = .886 (R cuadrado corregida = .846)

b R cuadrado = .350 (R cuadrado corregida = .120)

c R cuadrado = .696 (R cuadrado corregida = .588)

d R cuadrado = .652 (R cuadrado corregida = .529)

e R cuadrado = .684 (R cuadrado corregida = .573)

f R cuadrado = .724 (R cuadrado corregida = .626)

g R cuadrado = .649 (R cuadrado corregida = .525)

h R cuadrado = .642 (R cuadrado corregida = .516)

i R cuadrado = .604 (R cuadrado corregida = .464)

CV S1_Torax 2.74%

CV S2_Torax 5.93%

CV S3_Torax 4.12%

CV S4_Torax 4.88%

CV S5_Torax 4.18%

CV S6_Torax 4.12%

CV S7_Torax 4.11%

CV S8_Torax 4.69%

CV S9_Torax 4.80%

ANEXO 19. Análisis de varianza de incremento de peso semanal de hembras

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_IC	108.45	2.00	54.23	0.26	0.78
	S2_IC	828.81	2.00	414.41	1.33	0.31
	S3_IC	1,686.91	2.00	843.46	2.93	0.10
	S4_IC	324.31	2.00	162.16	0.27	0.77
	S5_IC	774.35	2.00	387.18	2.49	0.14
	S6_IC	228.03	2.00	114.02	0.37	0.70
	S7_IC	798.82	2.00	399.41	1.64	0.25
	S8_IC	1,054.91	2.00	527.45	0.96	0.42
Error	S1_IC	1,904.52	9.00	211.61		
	S2_IC	2,810.30	9.00	312.26		
	S3_IC	2,590.53	9.00	287.84		
	S4_IC	5,466.91	9.00	607.43		
	S5_IC	1,401.30	9.00	155.70		
	S6_IC	2,782.69	9.00	309.19		
	S7_IC	2,191.82	9.00	243.54		
	S8_IC	4,923.47	9.00	547.05		
Total	S1_IC	39,521.87	12.00			
	S2_IC	214,605.71	12.00			
	S3_IC	50,877.84	12.00			
	S4_IC	46,182.42	12.00			
	S5_IC	47,280.19	12.00			
	S6_IC	68,161.52	12.00			
	S7_IC	33,573.44	12.00			
	S8_IC	55,824.00	12.00			

a R cuadrado = .054 (R cuadrado corregida = -.156)
 b R cuadrado = .228 (R cuadrado corregida = .056)
 c R cuadrado = .394 (R cuadrado corregida = .260)
 d R cuadrado = .056 (R cuadrado corregida = -.154)
 e R cuadrado = .356 (R cuadrado corregida = .213)
 f R cuadrado = .076 (R cuadrado corregida = -.130)
 g R cuadrado = .267 (R cuadrado corregida = .104)
 h R cuadrado = .176 (R cuadrado corregida = -.007)

CV S1_IC 26.02%
 CV S2_IC 13.33%
 CV S3_IC 27.23%
 CV S4_IC 42.48%
 CV S5_IC 20.35%
 CV S6_IC 23.86%
 CV S7_IC 30.91%
 CV S8_IC 36.29%

ANEXO 20. Análisis de varianza de incremento de peso semanal de hembras, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_IC	108.45	2.00	54.23	0.18	0.84
	S2_IC	828.81	2.00	414.41	1.06	0.40
	S3_IC	1,686.91	2.00	843.46	2.11	0.20
	S4_IC	324.31	2.00	162.16	0.18	0.84
	S5_IC	774.35	2.00	387.18	1.81	0.24
	S6_IC	228.03	2.00	114.02	0.31	0.74
	S7_IC	798.82	2.00	399.41	1.34	0.33
	S8_IC	1,054.91	2.00	527.45	0.78	0.50
Bloque	S1_IC	126.55	3.00	42.18	0.14	0.93
	S2_IC	459.55	3.00	153.18	0.39	0.76
	S3_IC	190.58	3.00	63.53	0.16	0.92
	S4_IC	148.26	3.00	49.42	0.06	0.98
	S5_IC	121.06	3.00	40.35	0.19	0.90
	S6_IC	591.52	3.00	197.17	0.54	0.67
	S7_IC	405.42	3.00	135.14	0.45	0.72
	S8_IC	874.09	3.00	291.36	0.43	0.74
Error	S1_IC	1,777.97	6.00	296.33		
	S2_IC	2,350.75	6.00	391.79		
	S3_IC	2,399.95	6.00	399.99		
	S4_IC	5,318.65	6.00	886.44		
	S5_IC	1,280.24	6.00	213.37		
	S6_IC	2,191.16	6.00	365.19		
	S7_IC	1,786.40	6.00	297.73		
	S8_IC	4,049.38	6.00	674.90		
Total	S1_IC	39,521.87	12.00			
	S2_IC	214,605.71	12.00			

S3_IC	50,877.84	12.00
S4_IC	46,182.42	12.00
S5_IC	47,280.19	12.00
S6_IC	68,161.52	12.00
S7_IC	33,573.44	12.00
S8_IC	55,824.00	12.00
a	R cuadrado = .117 (R cuadrado corregida = -.619)	
b	R cuadrado = .354 (R cuadrado corregida = -.184)	
c	R cuadrado = .439 (R cuadrado corregida = -.029)	
d	R cuadrado = .082 (R cuadrado corregida = -.684)	
e	R cuadrado = .412 (R cuadrado corregida = -.079)	
f	R cuadrado = .272 (R cuadrado corregida = -.334)	
g	R cuadrado = .403 (R cuadrado corregida = -.095)	
h	R cuadrado = .323 (R cuadrado corregida = -.242)	
CV S1_IC	30.79%	
CV S2_IC	14.93%	
CV S3_IC	32.09%	
CV S4_IC	51.32%	
CV S5_IC	23.83%	
CV S6_IC	25.94%	
CV S7_IC	34.18%	
CV S8_IC	40.31%	

ANEXO 21. Análisis de varianza de incremento de peso semanal de machos

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_IC	2,278.53	2.00	1,139.27	4.47	0.04
	S2_IC	1,126.12	2.00	563.06	1.01	0.40
	S3_IC	666.29	2.00	333.14	0.69	0.53
	S4_IC	2,136.97	2.00	1,068.48	3.49	0.08
	S5_IC	320.42	2.00	160.21	0.48	0.63
	S6_IC	433.58	2.00	216.79	0.27	0.77
	S7_IC	171.61	2.00	85.80	0.29	0.75
	S8_IC	1,423.62	2.00	711.81	1.24	0.34
Error	S1_IC	2,292.35	9.00	254.71		
	S2_IC	5,016.41	9.00	557.38		
	S3_IC	4,344.92	9.00	482.77		
	S4_IC	2,752.60	9.00	305.84		
	S5_IC	2,979.82	9.00	331.09		
	S6_IC	7,110.28	9.00	790.03		
	S7_IC	2,658.65	9.00	295.41		
	S8_IC	5,183.83	9.00	575.98		
Total	S1_IC	65,717.84	12.00			
	S2_IC	298,549.04	12.00			
	S3_IC	95,422.08	12.00			
	S4_IC	80,161.24	12.00			
	S5_IC	117,199.81	12.00			
	S6_IC	86,033.05	12.00			
	S7_IC	54,182.34	12.00			
	S8_IC	56,944.10	12.00			
a	R cuadrado = .498 (R cuadrado corregida = .387)					
b	R cuadrado = .183 (R cuadrado corregida = .002)					
c	R cuadrado = .133 (R cuadrado corregida = -.060)					
d	R cuadrado = .437 (R cuadrado corregida = .312)					
e	R cuadrado = .097 (R cuadrado corregida = -.104)					
f	R cuadrado = .057 (R cuadrado corregida = -.152)					
g	R cuadrado = .061 (R cuadrado corregida = -.148)					
h	R cuadrado = .215 (R cuadrado corregida = .041)					
CV S1_IC	22.36%					
CV S2_IC	15.12%					
CV S3_IC	25.31%					
CV S4_IC	22.08%					
CV S5_IC	18.68%					
CV S6_IC	34.75%					
CV S7_IC	26.27%					
CV S8_IC	37.06%					

Comparaciones por pares IC machos

Variable dependiente	(I) Tratam	(J) Tratam	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
						Límite superior	Límite inferior
S1_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	-3.75	11.29	1.00	-36.85	29.35
		RADIACION	-30.93	11.29	0.07	-64.03	2.18
	FOTOPERIODO	CONTROL	3.75	11.29	1.00	-29.35	36.85
		RADIACION	-27.18	11.29	0.12	-60.28	5.93

	RADIACION	CONTROL	30.93	11.29	0.07	-2.18	64.03
		FOTOPERIODO	27.18	11.29	0.12	-5.93	60.28
S2_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	3.50	16.69	1.00	-45.47	52.47
		RADIACION	22.08	16.69	0.66	-26.89	71.04
	FOTOPERIODO	CONTROL	-3.50	16.69	1.00	-52.47	45.47
		RADIACION	18.58	16.69	0.88	-30.39	67.54
	RADIACION	CONTROL	-22.08	16.69	0.66	-71.04	26.89
		FOTOPERIODO	-18.58	16.69	0.88	-67.54	30.39
S3_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	-17.85	15.54	0.84	-63.42	27.72
		RADIACION	-5.62	15.54	1.00	-51.20	39.95
	FOTOPERIODO	CONTROL	17.85	15.54	0.84	-27.72	63.42
		RADIACION	12.23	15.54	1.00	-33.35	57.80
	RADIACION	CONTROL	5.62	15.54	1.00	-39.95	51.20
		FOTOPERIODO	-12.23	15.54	1.00	-57.80	33.35
S4_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	32.68	12.37	0.08	-3.60	68.95
		RADIACION	17.13	12.37	0.60	-19.15	53.40
	FOTOPERIODO	CONTROL	-32.68	12.37	0.08	-68.95	3.60
		RADIACION	-15.55	12.37	0.72	-51.82	20.72
	RADIACION	CONTROL	-17.13	12.37	0.60	-53.40	19.15
		FOTOPERIODO	15.55	12.37	0.72	-20.72	51.82
S5_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	7.70	12.87	1.00	-30.04	45.44
		RADIACION	12.55	12.87	1.00	-25.19	50.29
	FOTOPERIODO	CONTROL	-7.70	12.87	1.00	-45.44	30.04
		RADIACION	4.85	12.87	1.00	-32.89	42.59
	RADIACION	CONTROL	-12.55	12.87	1.00	-50.29	25.19
		FOTOPERIODO	-4.85	12.87	1.00	-42.59	32.89
S6_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	-14.15	19.88	1.00	-72.45	44.15
		RADIACION	-10.60	19.88	1.00	-68.90	47.70
	FOTOPERIODO	CONTROL	14.15	19.88	1.00	-44.15	72.45
		RADIACION	3.55	19.88	1.00	-54.75	61.85
	RADIACION	CONTROL	10.60	19.88	1.00	-47.70	68.90
		FOTOPERIODO	-3.55	19.88	1.00	-61.85	54.75
S7_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	9.25	12.15	1.00	-26.40	44.90
		RADIACION	4.20	12.15	1.00	-31.45	39.85
	FOTOPERIODO	CONTROL	-9.25	12.15	1.00	-44.90	26.40
		RADIACION	-5.05	12.15	1.00	-40.70	30.60
	RADIACION	CONTROL	-4.20	12.15	1.00	-39.85	31.45
		FOTOPERIODO	5.05	12.15	1.00	-30.60	40.70
S8_IC	CONTROL	FOTOPERIODO	-26.03	16.97	0.48	-75.80	23.75
		RADIACION	-7.92	16.97	1.00	-57.70	41.85
	FOTOPERIODO	CONTROL	26.03	16.97	0.48	-23.75	75.80
		RADIACION	18.10	16.97	0.94	-31.68	67.88
	RADIACION	CONTROL	7.92	16.97	1.00	-41.85	57.70
		FOTOPERIODO	-18.10	16.97	0.94	-67.88	31.68

Basadas en las medias marginales estimadas.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 22. Análisis de varianza de incremento de peso semanal de machos, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_IC	2,278.53	2.00	1,139.27	6.55	0.03
	S2_IC	1,126.12	2.00	563.06	1.63	0.27
	S3_IC	666.29	2.00	333.14	0.68	0.54
	S4_IC	2,136.97	2.00	1,068.48	3.69	0.09
	S5_IC	320.42	2.00	160.21	0.47	0.65
	S6_IC	433.58	2.00	216.79	0.28	0.77
	S7_IC	171.61	2.00	85.80	0.37	0.71
	S8_IC	1,423.62	2.00	711.81	1.52	0.29
Bloque	S1_IC	1,249.50	3.00	416.50	2.40	0.17
	S2_IC	2,949.57	3.00	983.19	2.85	0.13
	S3_IC	1,389.91	3.00	463.30	0.94	0.48
	S4_IC	1,015.42	3.00	338.47	1.17	0.40
	S5_IC	920.79	3.00	306.93	0.89	0.50
	S6_IC	2,467.54	3.00	822.51	1.06	0.43
	S7_IC	1,258.99	3.00	419.66	1.80	0.25
	S8_IC	2,381.10	3.00	793.70	1.70	0.27
Error	S1_IC	1,042.84	6.00	173.81		
	S2_IC	2,066.84	6.00	344.47		
	S3_IC	2,955.00	6.00	492.50		
	S4_IC	1,737.18	6.00	289.53		
	S5_IC	2,059.03	6.00	343.17		
	S6_IC	4,642.75	6.00	773.79		
	S7_IC	1,399.66	6.00	233.28		
	S8_IC	2,802.73	6.00	467.12		
Total	S1_IC	65,717.84	12.00			

S2_IC	298,549.04	12.00
S3_IC	95,422.08	12.00
S4_IC	80,161.24	12.00
S5_IC	117,199.81	12.00
S6_IC	86,033.05	12.00
S7_IC	54,182.34	12.00
S8_IC	56,944.10	12.00
<hr/>		
a	R cuadrado = .772 (R cuadrado corregida = .582)	
b	R cuadrado = .664 (R cuadrado corregida = .383)	
c	R cuadrado = .410 (R cuadrado corregida = -.081)	
d	R cuadrado = .645 (R cuadrado corregida = .349)	
e	R cuadrado = .376 (R cuadrado corregida = -.144)	
f	R cuadrado = .385 (R cuadrado corregida = -.128)	
g	R cuadrado = .505 (R cuadrado corregida = .093)	
h	R cuadrado = .576 (R cuadrado corregida = .222)	
CV S1_IC	18.47%	
CV S2_IC	11.89%	
CV S3_IC	25.57%	
CV S4_IC	21.48%	
CV S5_IC	19.01%	
CV S6_IC	34.40%	
CV S7_IC	23.35%	
CV S8_IC	33.37%	

ANEXO 23. Análisis de varianza de incremento de peso semanal, incluyendo interacción tratamiento*sexo

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_IC	843.75	2.00	421.88	1.81	0.19
	S2_IC	1,408.84	2.00	704.42	1.62	0.23
	S3_IC	350.69	2.00	175.34	0.46	0.64
	S4_IC	954.93	2.00	477.46	1.05	0.37
	S5_IC	936.88	2.00	468.44	1.92	0.17
	S6_IC	193.91	2.00	96.96	0.18	0.84
	S7_IC	360.39	2.00	180.20	0.67	0.52
	S8_IC	2,104.00	2.00	1,052.00	1.87	0.18
Sexo	S1_IC	1,436.85	1.00	1,436.85	6.16	0.02
	S2_IC	3,315.85	1.00	3,315.85	7.63	0.01
	S3_IC	3,596.60	1.00	3,596.60	9.33	0.01
	S4_IC	2,692.40	1.00	2,692.40	5.90	0.03
	S5_IC	7,826.48	1.00	7,826.48	32.16	0.00
	S6_IC	310.32	1.00	310.32	0.56	0.46
	S7_IC	1,338.03	1.00	1,338.03	4.97	0.04
	S8_IC	0.60	1.00	0.60	0.00	0.97
Tratam * Sexo	S1_IC	1,543.23	2.00	771.62	3.31	0.06
	S2_IC	546.09	2.00	273.05	0.63	0.54
	S3_IC	2,002.51	2.00	1,001.26	2.60	0.10
	S4_IC	1,506.35	2.00	753.18	1.65	0.22
	S5_IC	157.89	2.00	78.95	0.32	0.73
	S6_IC	467.70	2.00	233.85	0.43	0.66
	S7_IC	610.04	2.00	305.02	1.13	0.34
	S8_IC	374.52	2.00	187.26	0.33	0.72
Error	S1_IC	4,196.86	18.00	233.16		
	S2_IC	7,826.70	18.00	434.82		
	S3_IC	6,935.44	18.00	385.30		
	S4_IC	8,219.50	18.00	456.64		
	S5_IC	4,381.12	18.00	243.40		
	S6_IC	9,892.97	18.00	549.61		
	S7_IC	4,850.47	18.00	269.47		
	S8_IC	10,107.29	18.00	561.52		
Total	S1_IC	105,239.71	24.00			
	S2_IC	513,154.75	24.00			
	S3_IC	146,299.92	24.00			
	S4_IC	126,343.66	24.00			
	S5_IC	164,480.00	24.00			
	S6_IC	154,194.57	24.00			
	S7_IC	87,755.78	24.00			
	S8_IC	112,768.10	24.00			
<hr/>						
a	R cuadrado = .477 (R cuadrado corregida = .331)					
b	R cuadrado = .402 (R cuadrado corregida = .236)					
c	R cuadrado = .462 (R cuadrado corregida = .312)					
d	R cuadrado = .385 (R cuadrado corregida = .215)					
e	R cuadrado = .671 (R cuadrado corregida = .579)					
f	R cuadrado = .089 (R cuadrado corregida = -.163)					
g	R cuadrado = .322 (R cuadrado corregida = .134)					
h	R cuadrado = .197 (R cuadrado corregida = -.026)					

CV S1_IC 23.99%
 CV S2_IC 14.45%
 CV S3_IC 26.33%
 CV S4_IC 31.15%
 CV S5_IC 19.66%
 CV S6_IC 30.34%
 CV S7_IC 28.33%
 CV S8_IC 36.68%

ANEXO 24. Análisis de varianza de consumo de alimento semanal de hembras y machos

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_CONSUMO	15,647.19	2.00	7,823.59	1.72	0.23
	S2_CONSUMO	16,450.95	2.00	8,225.47	1.69	0.24
	S3_CONSUMO	21,789.67	2.00	10,894.83	1.77	0.22
	S4_CONSUMO	29,777.46	2.00	14,888.73	1.52	0.27
	S5_CONSUMO	22,812.62	2.00	11,406.31	0.85	0.46
	S6_CONSUMO	18,004.96	2.00	9,002.48	0.63	0.56
	S7_CONSUMO	49,999.97	2.00	24,999.99	1.20	0.35
	S8_CONSUMO	29,500.36	2.00	14,750.18	0.70	0.52
	S9_CONSUMO	45,595.82	2.00	22,797.91	1.14	0.36
Error	S1_CONSUMO	40,893.20	9.00	4,543.69		
	S2_CONSUMO	43,827.75	9.00	4,869.75		
	S3_CONSUMO	55,424.07	9.00	6,158.23		
	S4_CONSUMO	88,355.28	9.00	9,817.25		
	S5_CONSUMO	120,490.35	9.00	13,387.82		
	S6_CONSUMO	129,495.68	9.00	14,388.41		
	S7_CONSUMO	187,869.25	9.00	20,874.36		
	S8_CONSUMO	190,945.69	9.00	21,216.19		
	S9_CONSUMO	179,259.54	9.00	19,917.73		
Total	S1_CONSUMO	3,290,439.96	12.00			
	S2_CONSUMO	4,499,603.50	12.00			
	S3_CONSUMO	7,956,522.32	12.00			
	S4_CONSUMO	9,725,331.92	12.00			
	S5_CONSUMO	11,677,846.23	12.00			
	S6_CONSUMO	14,379,053.58	12.00			
	S7_CONSUMO	16,987,805.72	12.00			
	S8_CONSUMO	20,127,207.34	12.00			
	S9_CONSUMO	23,072,411.66	12.00			

a R cuadrado = .277 (R cuadrado corregida = .116)
 b R cuadrado = .273 (R cuadrado corregida = .111)
 c R cuadrado = .282 (R cuadrado corregida = .123)
 d R cuadrado = .252 (R cuadrado corregida = .086)
 e R cuadrado = .159 (R cuadrado corregida = -.028)
 f R cuadrado = .122 (R cuadrado corregida = -.073)
 g R cuadrado = .210 (R cuadrado corregida = .035)
 h R cuadrado = .134 (R cuadrado corregida = -.059)
 i R cuadrado = .203 (R cuadrado corregida = .026)

CV S1_CONSUMO 12.98%
 CV S2_CONSUMO 11.47%
 CV S3_CONSUMO 9.68%
 CV S4_CONSUMO 11.07%
 CV S5_CONSUMO 11.80%
 CV S6_CONSUMO 11.01%
 CV S7_CONSUMO 12.23%
 CV S8_CONSUMO 11.31%
 CV S9_CONSUMO 10.23%

ANEXO 25. Análisis de varianza de consumo de alimento semanal de hembras y machos, incluyendo efecto del bloque

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	S1_CONSUMO	15,647.19	2.00	7,823.59	1.55	0.29
	S2_CONSUMO	16,450.95	2.00	8,225.47	1.50	0.30
	S3_CONSUMO	21,789.67	2.00	10,894.83	1.51	0.29
	S4_CONSUMO	29,777.46	2.00	14,888.73	1.05	0.41
	S5_CONSUMO	22,812.62	2.00	11,406.31	0.58	0.59
	S6_CONSUMO	18,004.96	2.00	9,002.48	0.46	0.65
	S7_CONSUMO	49,999.97	2.00	24,999.99	0.97	0.43
	S8_CONSUMO	29,500.36	2.00	14,750.18	0.50	0.63
	S9_CONSUMO	45,595.82	2.00	22,797.91	0.89	0.46
Bloque	S1_CONSUMO	10,603.89	3.00	3,534.63	0.70	0.59
	S2_CONSUMO	10,939.07	3.00	3,646.36	0.67	0.60
	S3_CONSUMO	12,157.74	3.00	4,052.58	0.56	0.66
	S4_CONSUMO	3,271.13	3.00	1,090.38	0.08	0.97
	S5_CONSUMO	1,496.06	3.00	498.69	0.03	0.99

	S6_CONSUMO	11,012.10	3.00	3,670.70	0.19	0.90
	S7_CONSUMO	33,037.71	3.00	11,012.57	0.43	0.74
	S8_CONSUMO	13,450.56	3.00	4,483.52	0.15	0.92
	S9_CONSUMO	25,046.04	3.00	8,348.68	0.32	0.81
Error	S1_CONSUMO	30,289.31	6.00	5,048.22		
	S2_CONSUMO	32,888.68	6.00	5,481.45		
	S3_CONSUMO	43,266.33	6.00	7,211.05		
	S4_CONSUMO	85,084.16	6.00	14,180.69		
	S5_CONSUMO	118,994.29	6.00	19,832.38		
	S6_CONSUMO	118,483.58	6.00	19,747.26		
	S7_CONSUMO	154,831.55	6.00	25,805.26		
	S8_CONSUMO	177,495.14	6.00	29,582.52		
	S9_CONSUMO	154,213.50	6.00	25,702.25		
Total	S1_CONSUMO	3,290,439.96	12.00			
	S2_CONSUMO	4,499,603.50	12.00			
	S3_CONSUMO	7,956,522.32	12.00			
	S4_CONSUMO	9,725,331.92	12.00			
	S5_CONSUMO	11,677,846.23	12.00			
	S6_CONSUMO	14,379,053.58	12.00			
	S7_CONSUMO	16,987,805.72	12.00			
	S8_CONSUMO	20,127,207.34	12.00			
	S9_CONSUMO	23,072,411.66	12.00			
a		R cuadrado = .464 (R cuadrado corregida = .018)				
b		R cuadrado = .454 (R cuadrado corregida = .000)				
c		R cuadrado = .440 (R cuadrado corregida = -.027)				
d		R cuadrado = .280 (R cuadrado corregida = -.320)				
e		R cuadrado = .170 (R cuadrado corregida = -.522)				
f		R cuadrado = .197 (R cuadrado corregida = -.473)				
g		R cuadrado = .349 (R cuadrado corregida = -.193)				
h		R cuadrado = .195 (R cuadrado corregida = -.476)				
i		R cuadrado = .314 (R cuadrado corregida = -.257)				
	CV S1_CONSUMO	13.69%				
	CV S2_CONSUMO	12.17%				
	CV S3_CONSUMO	10.48%				
	CV S4_CONSUMO	13.31%				
	CV S5_CONSUMO	14.36%				
	CV S6_CONSUMO	12.90%				
	CV S7_CONSUMO	13.60%				
	CV S8_CONSUMO	13.35%				
	CV S9_CONSUMO	11.62%				

ANEXO 26. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para conversión alimenticia semanal de hembras y machos

Estadísticos de contraste(a,b)

	S1_CV	S2_CV	S3_CV	S4_CV	S5_CV	S6_CV	S7_CV	S8_CV
Chi-cuadrado	3.23	2.01	2.42	4.77	3.73	2.19	2.00	0.81
GL	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sig. asintót.	0.20	0.37	0.30	0.09	0.15	0.33	0.37	0.67

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: Tratam

CV S1_conv 23.59%

CV S2_conv 15.15%

CV S3_conv 15.95%

CV S4_conv 25.95%

CV S5_conv 14.93%

CV S6_conv 15.62%

CV S7_conv 19.85%

CV S8_conv 30.83%

ANEXO 27. Análisis de varianza de peso inicial

> modelo<-aov(Peso_inst~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Peso_inst

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	22644	22643.5	5.6709	0.03468 *
TRATAMIENTO	1	272	272.5	0.0682	0.79834
Residuals	12	47915	3992.9		

CV=23.28%

ANEXO 28. Análisis de varianza para peso final

> modelo<-aov(Peso_benef~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Peso_benef

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	514	514.2	0.0170	0.8983
TRATAMIENTO	1	14815	14814.8	0.4907	0.4970
Residuals	12	362280	30190.0		

CV=15.26%

ANEXO 29. Análisis de varianza para peso de canal

```
> modelo<-aov(Peso_carcas~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: Peso_carcas
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	178	178.1	0.0125	0.9127
TRATAMIENTO	1	13903	13903.2	0.9794	0.3419
Residuals	12	170354	14196.2		

CV=16.41%

ANEXO 30. Análisis de varianza para rendimiento

```
> modelo<-aov(Rendimiento~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: Rendimiento
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.106	0.1056	0.0295	0.86642
TRATAMIENTO	1	16.078	16.0782	4.4957	0.05551
Residuals	12	42.917	3.5764		

CV=2.97%

ANEXO 31. Análisis de varianza para peso de hígado

```
> modelo<-aov(Peso_higado~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: Peso_higado
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.35	0.352	0.0044	0.9480
TRATAMIENTO	1	36.25	36.252	0.4561	0.5123
Residuals	12	953.86	79.489		

CV=20.82%

ANEXO 32. Prueba de Friedman para peso de vesícula biliar

```
> res.fried <- Datos %>% friedman_test(Peso_vesic ~ TRATAMIENTO |BLOQUE)
> res.fried
# A tibble: 1 x 6
  .y.      n statistic  df      p method
* <chr>  <int> <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 Peso_vesic  5  0.4  2  0.819 Friedman test
CV=56.17%
```

ANEXO 33. Prueba de Friedman para peso de corazón

```
> res.fried <- Datos %>% friedman_test(Peso_coraz ~ TRATAMIENTO |BLOQUE)
> res.fried
# A tibble: 1 x 6
  .y.      n statistic  df      p method
* <chr>  <int> <dbl> <dbl> <dbl> <chr>
1 Peso_coraz  5  4.8  2  0.0907 Friedman test
CV=23.24%
```

ANEXO 34. Análisis de varianza para peso de pulmones + tráquea

```
> modelo<-aov(Peso_pulm~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: Peso_pulm
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	4.1144	4.1144	3.0189	0.1079
TRATAMIENTO	1	0.4368	0.4368	0.3205	0.5817
Residuals	12	16.3543	1.3629		

CV=13.15%

ANEXO 35. Análisis de varianza para peso de riñones

```
> modelo<-aov(Peso_rinon~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
```


Analysis of Variance Table

Response: Peso_rinon

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	1.057	1.0566	0.3258	0.5787
TRATAMIENTO	1	1.096	1.0956	0.3378	0.5718
Residuals	12	38.916	3.2430		

CV=17.18%

ANEXO 36. Análisis de varianza para peso de bazo

> modelo<-aov(Peso_bazo~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Peso_bazo

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.01365	0.013653	0.1128	0.7428
TRATAMIENTO	1	0.04761	0.047610	0.3933	0.5423
Residuals	12	1.45251	0.121043		

CV=16.42%

ANEXO 37. Análisis de varianza para peso de testiculos

> modelo<-aov(Peso_testic~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Peso_testic

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.352	0.3521	0.0296	0.8664
TRATAMIENTO	1	17.004	17.0042	1.4274	0.2553
Residuals	12	142.954	11.9129		

CV=26.21%

ANEXO 38. Análisis de varianza para porcentaje de hígado

> modelo<-aov(Porhigado~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Porhigado

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.02987	0.02987	0.2759	0.6089
TRATAMIENTO	1	0.98596	0.98596	9.1078	0.0107 *
Residuals	12	1.29905	0.10825		

CV=8.77%

duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)

Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"

Duncan's new multiple range test

for Porhigado

Mean Square Error: 0.1082538

TRATAMIENTO, means

	Porhigado	std r	Min	Max
0	3.393790	0.4025718	5 2.927941	3.790949
1	3.841366	0.2939962	5 3.482179	4.145767
2	4.021790	0.2624169	5 3.568542	4.206497

Alpha: 0.05 ; DF Error: 12

Critical Range

	2	3
	0.4533896	0.4745687

Means with the same letter are not significantly different.

Porhigado groups

2	4.021790	a
1	3.841366	ab
0	3.393790	b

ANEXO 39. Análisis de varianza para porcentaje de vesícula biliar

> modelo<-aov(Porvesic~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)

> anova(modelo)

Analysis of Variance Table

Response: Porvesic

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.000969	0.0009687	0.0455	0.8346
TRATAMIENTO	1	0.000001	0.0000012	0.0001	0.9941
Residuals	12	0.255242	0.0212702		

CV=72.55%

ANEXO 40. Análisis de varianza para porcentaje de corazón

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.006037	0.006037	1.1837	0.29797

```

TRATAMIENTO 1 0.042012 0.042012 8.2377 0.01409 *
Residuals 12 0.061200 0.005100
CV=19.40%

```

```
> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
```

```
Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
```

```
Duncan's new multiple range test
```

```
for Porcoraz
```

```
Mean Square Error: 0.00510001
```

```
TRATAMIENTO, means
```

```

Porcoraz std r Min Max
0 0.3116582 0.03144530 5 0.2624752 0.3486257
1 0.3516535 0.06566727 5 0.3023351 0.4627974
2 0.4412919 0.10485647 5 0.3481625 0.6090273

```

```
Alpha: 0.05 ; DF Error: 12
```

```
Critical Range
```

```

2 3
0.09840914 0.10300612

```

```
Means with the same letter are not significantly different.
```

```
Porcoraz groups
```

```

2 0.4412919 a
1 0.3516535 ab
0 0.3116582 b

```

ANEXO 41. Análisis de varianza para porcentaje de pulmones + tráquea

```
> modelo<-aov(Porpulm~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
```

```
> anova(modelo)
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Porpulm
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.031924	0.031924	1.4756	0.2478
TRATAMIENTO	1	0.026058	0.026058	1.2045	0.2940
Residuals	12	0.259614	0.021634		

```
CV=18.53%
```

ANEXO 42. Análisis de varianza para porcentaje de riñones

```
> modelo<-aov(Porriñ~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
```

```
> anova(modelo)
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Porriñ
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.008455	0.008455	1.0626	0.32295
TRATAMIENTO	1	0.036338	0.036338	4.5670	0.05387
Residuals	12	0.095479	0.007957		

```
CV=9.66%
```

ANEXO 43. Análisis de varianza para porcentaje de bazo

```
> modelo<-aov(Porbazo~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
```

```
> anova(modelo)
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Porbazo
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.0001315	0.00013149	0.1092	0.7467
TRATAMIENTO	1	0.0024147	0.00241474	2.0059	0.1821
Residuals	12	0.0144460	0.00120383		

```
CV=18.37%
```

ANEXO 44. Análisis de varianza para porcentaje de testículos

```
> modelo<-aov(Portest~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
```

```
> anova(modelo)
```

```
Analysis of Variance Table
```

```
Response: Portest
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.00209	0.002085	0.0550	0.81854
TRATAMIENTO	1	0.20384	0.203839	5.3762	0.03886 *
Residuals	12	0.45498	0.037915		

```
CV=16.89%
```

```
> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
```

```
Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
```

```
Duncan's new multiple range test
```

```
for Portest
```

Mean Square Error: 0.03791519
 TRATAMIENTO, means
 Portest std r Min Max
 0 1.004851 0.1196172 5 0.8545704 1.185327
 1 1.163763 0.2120689 5 0.9450493 1.409259
 2 1.290396 0.2340264 5 1.0705658 1.606222
 Alpha: 0.05 ; DF Error: 12
 Critical Range
 2 3
 0.2683222 0.2808563
 Means with the same letter are not significantly different.
 Portest groups
 2 1.290396 a
 1 1.163763 ab
 0 1.004851 b

ANEXO 45. Análisis de varianza pH 8 horas

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.010115	0.0101150	2.3314	0.1550
TRATAMIENTO	1	0.000160	0.0001600	0.0369	0.8512
Residuals	11	0.047725	0.0043386		

CV=1.12%

ANEXO 46. Análisis de varianza para pH 24 horas
 > modelo<-aov(pH_24h~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
 > anova(modelo)
 Analysis of Variance Table
 Response: pH_24h

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.000249	0.0002494	0.0413	0.8434
TRATAMIENTO	1	0.007039	0.0070394	1.1665	0.3082
Residuals	9	0.054311	0.0060346		

CV=1.32%

ANEXO 47. Análisis de varianza para L (luminosidad)
 > modelo<-aov(L~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
 > anova(modelo)
 Analysis of Variance Table
 Response: L

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	18.156	18.1560	5.0521	0.04608 *
TRATAMIENTO	1	0.008	0.0084	0.0023	0.96228
Residuals	11	39.531	3.5937		

CV=3.76%

ANEXO 48. Análisis de varianza para a*
 > modelo<-aov(a~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
 > anova(modelo)
 Analysis of Variance Table
 Response: a

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	3.5066	3.5066	1.8276	0.20356
TRATAMIENTO	1	16.5894	16.5894	8.6461	0.01344 *
Residuals	11	21.1059	1.9187		

CV=6.81%

> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
 Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
 Duncan's new multiple range test
 for a
 Mean Square Error: 1.918717
 TRATAMIENTO, means
 a std r Min Max
 0 19.128 1.241499 5 17.63 20.71
 1 20.140 1.740000 4 17.57 21.41
 2 21.704 1.512177 5 20.45 23.79
 Groups according to probability of means differences and alpha level(0.05)
 Means with the same letter are not significantly different.
 a groups
 2 21.704 a
 1 20.140 ab
 0 19.128 b

ANEXO 49. Análisis de varianza para b*

```
> modelo<-aov(b~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: b
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.4068	0.4068	0.276	0.6097437
TRATAMIENTO	1	29.8944	29.8944	20.284	0.0008956 ***
Residuals	11	16.2115	1.4738		

CV=24.56%

```
> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
Duncan's new multiple range test
for b
Mean Square Error: 1.47377
TRATAMIENTO, means
  b      std r  Min  Max
0 3.6980 0.5314791 5 3.05 4.48
1 3.7325 0.8620276 4 2.79 4.88
2 7.1560 1.1242019 5 5.79 8.83
Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )
Means with the same letter are not significantly different.
  b groups
2 7.1560  a
1 3.7325  b
0 3.6980  b
```

ANEXO 50. Análisis de varianza para Chroma

```
> modelo<-aov(Chroma~BLOQUE+TRATAMIENTO,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: Chroma
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	3.8559	3.8559	1.6056	0.231281
TRATAMIENTO	1	28.4852	28.4852	11.8613	0.005486 **
Residuals	11	26.4168	2.4015		

CV=7.39%

```
> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
Duncan's new multiple range test
for Chroma
Mean Square Error: 2.401527
TRATAMIENTO, means
  Chroma  std r  Min  Max
0 19.48637 1.272847 5 17.89188 20.99375
1 20.48961 1.845698 4 17.79014 21.95911
2 22.86188 1.748828 5 21.55093 25.37583
Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )
Means with the same letter are not significantly different.
  Chroma groups
2 22.86188  a
1 20.48961  b
0 19.48637  b
```

ANEXO 51. Análisis de varianza para HUE

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.000086	0.000086	0.0407	0.843794
TRATAMIENTO	1	0.039954	0.039954	18.9696	0.001145 **
Residuals	11	0.023168	0.002106		

CV=19.66%

```
> duncan.test(modelo,"TRATAMIENTO",alpha=0.05,console=TRUE)
Study: modelo ~ "TRATAMIENTO"
Duncan's new multiple range test
for HUE
Mean Square Error: 0.002106204
TRATAMIENTO, means
  HUE  std r  Min  Max
0 0.1908127 0.02280656 5 0.1646005 0.2202558
1 0.1818313 0.02918226 4 0.1574786 0.2241023
```

2 0.3172308 0.03053169 5 0.2698869 0.3554037
 Groups according to probability of means differences and alpha level(0.05)
 Means with the same letter are not significantly different.

HUE groups
 2 0.3172308 a
 0 0.1908127 b
 1 0.1818313 b

ANEXO 52. Prueba de Kruskal-Wallis para pérdidas de agua por goteo

> kruskal.test(goteo~TRATAMIENTO,data=Datos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data: goteo by TRATAMIENTO

Kruskal-Wallis chi-squared = 6.81, df = 2, p-value = 0.03321

CV=61.51%

Comparaciones por pares

Variable dependiente: pérdidas por goteo

(I)	(J)	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
TRATAMIENTO	TRATAMIENTO				Límite superior	Límite inferior
control	fotoperiodo	0.21	0.39	1.00	-0.89	1.32
	radiacion	1.07	0.37	0.04	0.03	2.11
fotoperiodo	control	-0.21	0.39	1.00	-1.32	0.89
	radiacion	0.85	0.39	0.15	-0.25	1.96
radiacion	control	-1.07	0.37	0.04	-2.11	-0.03
	fotoperiodo	-0.85	0.39	0.15	-1.96	0.25

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 53. Prueba de Kruskal-Wallis para humedad

> kruskal.test(humedad~TRATAMIENTO,data=Datos)

Kruskal-Wallis rank sum test

data: humedad by TRATAMIENTO

Kruskal-Wallis chi-squared = 1.5514, df = 2, p-value = 0.4604

CV=1.28%

ANEXO 54. Coeficientes de Pearson para peso corporal y porcentaje de órganos

		Peso_benef	Peso_carcas	Rendimiento	Por_higado	Por_vesic	Por_coraz	Por_pulm	Por_riñon	Por_bazo	Por_testi
Peso_benef	Coef. Pearson	1.000	0.985	0.433	0.182	0.158	-0.417	-0.692	-0.225	-0.573	0.131
	Sig. (bilateral)		0.000	0.107	0.516	0.575	0.122	0.004	0.420	0.025	0.641
Peso_carcas	Coef. Pearson	0.985	1.000	0.580	0.141	0.125	-0.443	-0.714	-0.299	-0.572	0.074
	Sig. (bilateral)	0.000		0.023	0.615	0.658	0.098	0.003	0.278	0.026	0.793
Rendimiento	Coef. Pearson	0.433	0.580	1.000	-0.136	-0.118	-0.340	-0.474	-0.502	-0.348	-0.184
	Sig. (bilateral)	0.107	0.023		0.629	0.675	0.215	0.074	0.057	0.204	0.512
Por_higado	Coef. Pearson	0.182	0.141	-0.136	1.000	0.109	0.496	-0.355	0.127	-0.069	0.337
	Sig. (bilateral)	0.516	0.615	0.629		0.700	0.060	0.194	0.652	0.808	0.220
Por_vesic	Coef. Pearson	0.158	0.125	-0.118	0.109	1.000	0.072	-0.061	0.107	-0.050	-0.186
	Sig. (bilateral)	0.575	0.658	0.675	0.700		0.798	0.828	0.704	0.860	0.507
Por_coraz	Coef. Pearson	-0.417	-0.443	-0.340	0.496	0.072	1.000	0.320	0.162	0.214	0.092
	Sig. (bilateral)	0.122	0.098	0.215	0.060	0.798		0.246	0.564	0.445	0.743
Por_pulm	Coef. Pearson	-0.692	-0.714	-0.474	-0.355	-0.061	0.320	1.000	0.493	0.558	0.036
	Sig. (bilateral)	0.004	0.003	0.074	0.194	0.828	0.246		0.062	0.031	0.899
Por_riñon	Coef. Pearson	-0.225	-0.299	-0.502	0.127	0.107	0.162	0.493	1.000	0.073	0.560
	Sig. (bilateral)	0.420	0.278	0.057	0.652	0.704	0.564	0.062		0.795	0.030
Por_bazo	Coef. Pearson	-0.573	-0.572	-0.348	-0.069	-0.050	0.214	0.558	0.073	1.000	-0.275
	Sig. (bilateral)	0.025	0.026	0.204	0.808	0.860	0.445	0.031	0.795		0.321
Por_testi	Coef. Pearson	0.131	0.074	-0.184	0.337	-0.186	0.092	0.036	0.560	-0.275	1.000
	Sig. (bilateral)	0.641	0.793	0.512	0.220	0.507	0.743	0.899	0.030	0.321	

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significante al nivel 0,05 (bilateral).

ANEXO 55. Coeficientes de Pearson para parámetros fisicoquímicos de la carne

		pH_8h	Temp_8h	pH_24h	L	a	b	C	H	goteo	humedad
pH_8h	Coef. Pearson	1.000	-0.193	0.226	-0.154	-0.280	-0.327	-0.298	-0.320	0.011	0.101
	Sig. (bilateral)		0.509	0.480	0.599	0.332	0.254	0.301	0.265	0.970	0.731
Temp_8h	Coef. Pearson	-0.193	1.000	-0.110	0.553	-0.483	-0.197	-0.434	-0.128	0.102	-0.287
	Sig. (bilateral)	0.509		0.733	0.040	0.080	0.499	0.121	0.663	0.730	0.320
pH_24h	Coef. Pearson	0.226	-0.110	1.000	0.184	-0.510	-0.336	-0.488	-0.266	0.588	-0.136
	Sig. (bilateral)	0.480	0.733		0.567	0.090	0.286	0.107	0.403	0.044	0.674
L	Coef. Pearson	-0.154	0.553	0.184	1.000	-0.388	0.124	-0.283	0.227	-0.004	-0.276
	Sig. (bilateral)	0.599	0.040	0.567		0.171	0.674	0.326	0.436	0.989	0.340
A	Coef. Pearson	-0.280	-0.483	-0.510	-0.388	1.000	0.786	0.990	0.675	-0.575	-0.009
	Sig. (bilateral)	0.332	0.080	0.090	0.171		0.001	0.000	0.008	0.032	0.975

B	Coef. Pearson	-0.327	-0.197	-0.336	0.124	0.786	1.000	0.864	0.984	-0.581	-0.427
	Sig. (bilateral)	0.254	0.499	0.286	0.674	0.001	0.000	0.000	0.000	0.029	0.128
C	Coef. Pearson	-0.298	-0.434	-0.488	-0.283	0.990	0.864	1.000	0.768	-0.599	-0.103
	Sig. (bilateral)	0.301	0.121	0.107	0.326	0.000	0.000	0.000	0.001	0.024	0.726
H	Coef. Pearson	-0.320	-0.128	-0.266	0.227	0.675	0.984	0.768	1.000	-0.557	-0.480
	Sig. (bilateral)	0.265	0.663	0.403	0.436	0.008	0.000	0.001	0.000	0.038	0.082
goteo	Coef. Pearson	0.011	0.102	0.588	-0.004	-0.575	-0.581	-0.599	-0.557	1.000	-0.082
	Sig. (bilateral)	0.970	0.730	0.044	0.989	0.032	0.029	0.024	0.038	0.000	0.780
humedad	Coef. Pearson	0.101	-0.287	-0.136	-0.276	-0.009	-0.427	-0.103	-0.480	-0.082	1.000
	Sig. (bilateral)	0.731	0.320	0.674	0.340	0.975	0.128	0.726	0.082	0.780	0.000

* La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

** La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral).

ANEXO 56. Análisis de varianza para pesos y motilidad espermática

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	PESO_VIVO	130,385.32	2.00	65,192.66	2.45	0.14
	PESO_TESTIC	16.35	2.00	8.17	0.54	0.60
	MOTIL_PROG	548.86	2.00	274.43	1.54	0.27
	MOTIL_NO_PROG	4,302.51	2.00	2,151.26	6.98	0.01
Bloque	MOTIL_TOTAL	7,586.38	2.00	3,793.19	7.85	0.01
	PESO_VIVO	77,762.45	4.00	19,440.61	0.73	0.59
	PESO_TESTIC	28.50	4.00	7.13	0.47	0.76
	MOTIL_PROG	526.68	4.00	131.67	0.74	0.59
Error	MOTIL_NO_PROG	1,802.43	4.00	450.61	1.46	0.29
	MOTIL_TOTAL	3,685.99	4.00	921.50	1.91	0.19
	PESO_VIVO	239,035.31	9.00	26,559.48		
	PESO_TESTIC	136.59	9.00	15.18		
Total	MOTIL_PROG	1,600.89	9.00	177.88		
	MOTIL_NO_PROG	2,772.32	9.00	308.04		
	MOTIL_TOTAL	4,349.73	9.00	483.30		
	PESO_VIVO	21,803,033.05	16.00			
	PESO_TESTIC	3,084.99	16.00			
	MOTIL_PROG	11,164.13	16.00			
	MOTIL_NO_PROG	32,408.30	16.00			
	MOTIL_TOTAL	75,895.52	16.00			

a R cuadrado = .989 (R cuadrado corregida = .981)

b R cuadrado = .956 (R cuadrado corregida = .921)

c R cuadrado = .857 (R cuadrado corregida = .745)

d R cuadrado = .914 (R cuadrado corregida = .848)

e R cuadrado = .943 (R cuadrado corregida = .898)

CV PESO_VIVO 14.11%

CV PESO_TESTIC 28.93%

CV MOTIL_PROG 57.82%

CV MOTIL_NO_PROG 45.81%

CV MOTIL_TOTAL 35.82%

Comparaciones por pares pesos y motilidad

Variable dependiente	(I)	(J)	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95%	
	TRATAMIENTO	TRATAMIENTO				Límite superior	Límite inferior
PESO_VIVO	CONTROL	FOTOPERIODO	-97.88	99.50	1.00	-389.74	193.97
		RADIACION	129.68	99.50	0.67	-162.18	421.53
	FOTOPERIODO	CONTROL	97.88	99.50	1.00	-193.97	389.74
		RADIACION	227.56	103.07	0.16	-74.78	529.90
PESO_TESTIC	RADIACION	CONTROL	-129.68	99.50	0.67	-421.53	162.18
		FOTOPERIODO	-227.56	103.07	0.16	-529.90	74.78
	CONTROL	FOTOPERIODO	-2.45	2.38	0.99	-9.42	4.53
		RADIACION	-1.42	2.38	1.00	-8.40	5.55
MOTIL_PROG	FOTOPERIODO	CONTROL	2.45	2.38	0.99	-4.53	9.42
		RADIACION	1.02	2.46	1.00	-6.21	8.25
	RADIACION	CONTROL	1.42	2.38	1.00	-5.55	8.40
		FOTOPERIODO	-1.02	2.46	1.00	-8.25	6.21
MOTIL_NO_PROG	CONTROL	FOTOPERIODO	-1.02	2.46	1.00	-8.25	6.21
		FOTOPERIODO	7.03	8.14	1.00	-16.85	30.91
	FOTOPERIODO	RADIACION	14.30	8.14	0.34	-9.59	38.18
		CONTROL	-7.03	8.14	1.00	-30.91	16.85
MOTIL_TOTAL	RADIACION	RADIACION	7.27	8.44	1.00	-17.48	32.01
		CONTROL	-14.30	8.14	0.34	-38.18	9.59
	CONTROL	FOTOPERIODO	-7.27	8.44	1.00	-32.01	17.48
		FOTOPERIODO	1.60	10.72	1.00	-29.83	33.03
MOTIL_NO_PROG	RADIACION	RADIACION	36.20	10.72	0.02	4.77	67.63
		CONTROL	-1.60	10.72	1.00	-33.03	29.83
	CONTROL	RADIACION	34.60	11.10	0.04	2.04	67.16
		CONTROL	-36.20	10.72	0.02	-67.63	-4.77

MOTIL_TOTAL	CONTROL	FOTOPERIODO	-34.60	11.10	0.04	-67.16	-2.04
		FOTOPERIODO	8.63	13.42	1.00	-30.74	48.00
	FOTOPERIODO	RADIACION	50.50	13.42	0.01	11.13	89.87
		CONTROL	-8.63	13.42	1.00	-48.00	30.74
	RADIACION	RADIACION	41.86	13.90	0.04	1.08	82.65
		CONTROL	-50.50	13.42	0.01	-89.87	-11.13
		FOTOPERIODO	-41.86	13.90	0.04	-82.65	-1.08

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 57. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para concentración

CONCENTRACION	
Chi-cuadrado	6.228
GL	2
Sig. asintót.	0.044

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: TRATAMIENTO

CV=51.28%

Estadísticos de contraste(b) concentración grupo 0 1

CONCENTRACION	
U de Mann-Whitney	10.00
W de Wilcoxon	31.00
Z	-0.91
Sig. asintót. (bilateral)	0.36
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.43

a No corregidos para los empates.

b Variable de agrupación: TRATAMIENTO

Estadísticos de contraste(b) concentración grupo 0 2

CONCENTRACION	
U de Mann-Whitney	6.00
W de Wilcoxon	21.00
Z	-1.64
Sig. asintót. (bilateral)	0.10
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.13

a No corregidos para los empates.

b Variable de agrupación: TRATAMIENTO

Estadísticos de contraste(b) concentración grupo 1 2

CONCENTRACION	
U de Mann-Whitney	1.00
W de Wilcoxon	16.00
Z	-2.40
Sig. asintót. (bilateral)	0.02
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.02

a No corregidos para los empates.

b Variable de agrupación: TRATAMIENTO

ANEXO 58. Análisis de varianza para parámetros cinéticos

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación	
Tratamiento	VCL	2,744.64	2.00	1,372.32	6.21	0.03	
	VSL	188.23	2.00	94.12	2.58	0.15	
	VAP	584.29	2.00	292.15	3.63	0.08	
	LIN	0.43	2.00	0.21	0.01	0.99	
	STR	61.65	2.00	30.83	0.93	0.44	
	WOB	109.51	2.00	54.76	3.85	0.07	
	ALH	3.07	2.00	1.54	9.05	0.01	
	BCF	3.61	2.00	1.81	1.05	0.40	
	Bloque	VCL	978.74	4.00	244.68	1.11	0.42
		VSL	111.71	4.00	27.93	0.76	0.58
VAP		306.03	4.00	76.51	0.95	0.49	
LIN		30.34	4.00	7.59	0.52	0.73	
STR		138.67	4.00	34.67	1.05	0.45	
WOB		103.13	4.00	25.78	1.81	0.23	
ALH		1.02	4.00	0.25	1.50	0.30	
BCF		2.85	4.00	0.71	0.41	0.79	
Error	VCL	1,545.67	7.00	220.81			
	VSL	255.73	7.00	36.53			
	VAP	563.59	7.00	80.51			
	LIN	102.28	7.00	14.61			

	STR	231.16	7.00	33.02
	WOB	99.52	7.00	14.22
	ALH	1.19	7.00	0.17
	BCF	12.08	7.00	1.73
Total	VCL	104,008.16	14.00	
	VSL	8,197.45	14.00	
	VAP	32,208.64	14.00	
	LIN	10,253.27	14.00	
	STR	31,208.81	14.00	
	WOB	44,217.03	14.00	
	ALH	127.03	14.00	
	BCF	666.61	14.00	

a	R cuadrado = .985 (R cuadrado corregida = .970)
b	R cuadrado = .969 (R cuadrado corregida = .938)
c	R cuadrado = .983 (R cuadrado corregida = .965)
d	R cuadrado = .990 (R cuadrado corregida = .980)
e	R cuadrado = .993 (R cuadrado corregida = .985)
f	R cuadrado = .998 (R cuadrado corregida = .995)
g	R cuadrado = .991 (R cuadrado corregida = .981)
h	R cuadrado = .982 (R cuadrado corregida = .964)

CV VCL=18.45%

CV VSL=27.24%

CV VAP=20.26%

CV LIN=14.51%

CV STR=12.03%

CV WOB=6.97%

CV ALH=14.53%

CV BCF=20.73%

Comparaciones por pares parámetros cinéticos

Variable dependiente	(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
						Límite superior	Límite inferior
VCL	CONTROL	FOTOPERIODO	-10.57	9.08	0.85	-38.96	17.82
		RADIACION	29.61	11.04	0.09	-4.93	64.15
	FOTOPERIODO	CONTROL	10.57	9.08	0.85	-17.82	38.96
		RADIACION	40.18	11.48	0.03	4.27	76.09
	RADIACION	CONTROL	-29.61	11.04	0.09	-64.15	4.93
		FOTOPERIODO	-40.18	11.48	0.03	-76.09	-4.27
VSL	CONTROL	FOTOPERIODO	-3.72	3.69	1.00	-15.27	7.82
		RADIACION	6.88	4.49	0.51	-7.17	20.93
	FOTOPERIODO	CONTROL	3.72	3.69	1.00	-7.82	15.27
		RADIACION	10.60	4.67	0.17	-4.01	25.21
	RADIACION	CONTROL	-6.88	4.49	0.51	-20.93	7.17
		FOTOPERIODO	-10.60	4.67	0.17	-25.21	4.01
VAP	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.37	5.48	1.00	-17.52	16.77
		RADIACION	16.58	6.67	0.13	-4.28	37.43
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.37	5.48	1.00	-16.77	17.52
		RADIACION	16.95	6.93	0.13	-4.73	38.63
	RADIACION	CONTROL	-16.58	6.67	0.13	-37.43	4.28
		FOTOPERIODO	-16.95	6.93	0.13	-38.63	4.73
LIN	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.20	2.33	1.00	-7.50	7.10
		RADIACION	-0.48	2.84	1.00	-9.37	8.40
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.20	2.33	1.00	-7.10	7.50
		RADIACION	-0.28	2.95	1.00	-9.52	8.95
	RADIACION	CONTROL	0.48	2.84	1.00	-8.40	9.37
		FOTOPERIODO	0.28	2.95	1.00	-8.95	9.52
STR	CONTROL	FOTOPERIODO	-4.76	3.51	0.65	-15.74	6.21
		RADIACION	-1.47	4.27	1.00	-14.83	11.88
	FOTOPERIODO	CONTROL	4.76	3.51	0.65	-6.21	15.74
		RADIACION	3.29	4.44	1.00	-10.60	17.18
	RADIACION	CONTROL	1.47	4.27	1.00	-11.88	14.83
		FOTOPERIODO	-3.29	4.44	1.00	-17.18	10.60
WOB	CONTROL	FOTOPERIODO	6.35	2.30	0.08	-0.86	13.55
		RADIACION	1.94	2.80	1.00	-6.82	10.70
	FOTOPERIODO	CONTROL	-6.35	2.30	0.08	-13.55	0.86
		RADIACION	-4.41	2.91	0.52	-13.52	4.70
	RADIACION	CONTROL	-1.94	2.80	1.00	-10.70	6.82
		FOTOPERIODO	4.41	2.91	0.52	-4.70	13.52
ALH	CONTROL	FOTOPERIODO	-0.45	0.25	0.35	-1.24	0.34
		RADIACION	0.90	0.31	0.06	-0.05	1.86
	FOTOPERIODO	CONTROL	0.45	0.25	0.35	-0.34	1.24
		RADIACION	1.35	0.32	0.01	0.36	2.35
	RADIACION	CONTROL	-0.90	0.31	0.06	-1.86	0.05

BCF	CONTROL	FOTOPERIODO	-1.35	0.32	0.01	-2.35	-0.36
		FOTOPERIODO	-0.45	0.80	1.00	-2.96	2.06
	FOTOPERIODO	RADIACION	1.01	0.98	1.00	-2.04	4.07
		CONTROL	0.45	0.80	1.00	-2.06	2.96
	RADIACION	RADIACION	1.47	1.02	0.58	-1.71	4.64
		CONTROL	-1.01	0.98	1.00	-4.07	2.04
		FOTOPERIODO	-1.47	1.02	0.58	-4.64	1.71

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 59. Análisis de varianza para variables espermáticas

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
Tratamiento	VITALIDAD	659.13	2.00	329.56	15.91	0.001
	HOST	1,950.13	2.00	975.07	12.29	0.003
	CB_FUERTE	4,166.26	2.00	2,083.13	5.93	0.023
	CB_DEBIL	3,579.46	2.00	1,789.73	8.96	0.007
	CB_TOTAL	787.08	2.00	393.54	7.25	0.013
Bloque	VITALIDAD	358.39	4.00	89.60	4.33	0.032
	HOST	514.85	4.00	128.71	1.62	0.251
	CB_FUERTE	652.43	4.00	163.11	0.46	0.761
	CB_DEBIL	382.83	4.00	95.71	0.48	0.751
	CB_TOTAL	572.55	4.00	143.14	2.64	0.105
Error	VITALIDAD	186.38	9.00	20.71		
	HOST	714.24	9.00	79.36		
	CB_FUERTE	3,162.61	9.00	351.40		
	CB_DEBIL	1,797.36	9.00	199.71		
	CB_TOTAL	488.79	9.00	54.31		
Total	VITALIDAD	15,335.42	16.00			
	HOST	47,744.55	16.00			
	CB_FUERTE	41,064.82	16.00			
	CB_DEBIL	29,045.08	16.00			
	CB_TOTAL	112,477.06	16.00			

a R cuadrado = .988 (R cuadrado corregida = .978)

b R cuadrado = .985 (R cuadrado corregida = .973)

c R cuadrado = .923 (R cuadrado corregida = .863)

d R cuadrado = .938 (R cuadrado corregida = .890)

e R cuadrado = .996 (R cuadrado corregida = .992)

CV VITALIDAD=15.29%

CV HOST=16.87%

CV CB_FUERTE=41.40%

CV CB_DEBIL=37.30%

CV CB_TOTAL=8.86%

Comparaciones por pares variables espermáticas

Variable dependiente	(I) TRATAMIENTO	(J) TRATAMIENTO	Diferencia entre medias (I-J)	Error típ.	Significación(a)	Intervalo de confianza al 95 % para la diferencia(a)	
						Límite superior	Límite inferior
VITALIDAD	CONTROL	FOTOPERIODO	2.98	2.78	0.93	-5.17	11.13
		RADIACION	15.02	2.78	0.00	6.87	23.17
	FOTOPERIODO	CONTROL	-2.98	2.78	0.93	-11.13	5.17
		RADIACION	12.03	2.88	0.01	3.59	20.48
	RADIACION	CONTROL	-15.02	2.78	0.00	-23.17	-6.87
		FOTOPERIODO	-12.03	2.88	0.01	-20.48	-3.59
HOST	CONTROL	FOTOPERIODO	1.37	5.44	1.00	-14.59	17.32
		RADIACION	24.49	5.44	0.00	8.54	40.45
	FOTOPERIODO	CONTROL	-1.37	5.44	1.00	-17.32	14.59
		RADIACION	23.13	5.63	0.01	6.60	39.65
	RADIACION	CONTROL	-24.49	5.44	0.00	-40.45	-8.54
		FOTOPERIODO	-23.13	5.63	0.01	-39.65	-6.60
CB_FUERTE	CONTROL	FOTOPERIODO	37.00	11.44	0.03	3.43	70.57
		RADIACION	29.16	11.44	0.09	-4.41	62.73
	FOTOPERIODO	CONTROL	-37.00	11.44	0.03	-70.57	-3.43
		RADIACION	-7.85	11.86	1.00	-42.62	26.93
	RADIACION	CONTROL	-29.16	11.44	0.09	-62.73	4.41
		FOTOPERIODO	7.85	11.86	1.00	-26.93	42.62
CB_DEBIL	CONTROL	FOTOPERIODO	-36.35	8.63	0.01	-61.66	-11.04
		RADIACION	-13.69	8.63	0.44	-39.00	11.62
	FOTOPERIODO	CONTROL	36.35	8.63	0.01	11.04	61.66
		RADIACION	22.66	8.94	0.10	-3.55	48.88
	RADIACION	CONTROL	13.69	8.63	0.44	-11.62	39.00
		FOTOPERIODO	-22.66	8.94	0.10	-48.88	3.55
CB_TOTAL	CONTROL	FOTOPERIODO	0.65	4.50	1.00	-12.55	13.85

	RADIACION	15.47	4.50	0.02	2.27	28.67
FOTOPERIODO	CONTROL	-0.65	4.50	1.00	-13.85	12.55
	RADIACION	14.82	4.66	0.03	1.15	28.49
RADIACION	CONTROL	-15.47	4.50	0.02	-28.67	-2.27
	FOTOPERIODO	-14.82	4.66	0.03	-28.49	-1.15

Basadas en las medias marginales estimadas.

* La diferencia de las medias es significativa al nivel .05.

a Ajuste para comparaciones múltiples: Bonferroni.

ANEXO 60. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para índice de fragmentación de ADN

	SDFI
Chi-cuadrado	8.604
GL	2
Sig. asintót.	0.014

a Prueba de Kruskal-Wallis

b Variable de agrupación: TRATAMIENTO

CV=79.45%

Estadísticos de contraste(b) SDFI grupos 0 1

	SDFI
U de Mann-Whitney	7.00
W de Wilcoxon	17.00
Z	-0.29
Sig. asintót. (bilateral)	0.77
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.89
a	No corregidos para los empates.
b	Variable de agrupación: TRATAMIENTO

Estadísticos de contraste(b) SDFI grupos 0 2

	SDFI
U de Mann-Whitney	-
W de Wilcoxon	10.00
Z	-2.45
Sig. asintót. (bilateral)	0.01
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.02
a	No corregidos para los empates.
b	Variable de agrupación: TRATAMIENTO

Estadísticos de contraste(b) 1 2

	SDFI
U de Mann-Whitney	-
W de Wilcoxon	10.00
Z	-2.45
Sig. asintót. (bilateral)	0.01
Sig. exacta [2*(Sig. unilateral)]	0.02
a	No corregidos para los empates.
b	Variable de agrupación: TRATAMIENTO

ANEXO 61. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para parámetros morfométricos según EL

Estadísticos de contraste(a,b)

	largo	ancho	perimetro	area	acrop rimeto	acroarea	largoPI	anchoPI	largoc ola	largoc abeza	eliptic idad	rugosi dad	elong acion	regula ridad
Chi-cuadrado	12.22	0.37	17.95	16.77	6.12	6.20	61.50	66.51	27.55	0.79	11.73	13.47	11.31	73.07
GL	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
Sig. asintót.	0.00	0.83	0.00	0.00	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.00
CV%	4.72	4.49	3.86	7.64	8.35	18.04	6.64	17.97	8.05	6.41	5.28	1.05	47.83	2.48

A Prueba de Kruskal-Wallis

B Variable de agrupación: tratamiento

Estadísticos de contraste(a) morfometría según EL grupos 0 1

	largo	ancho	perim etro	area	acrop erimet o	acroar ea	largo PI	ancho PI	largoc ola	largoc abeza	eliptic idad	rugosi dad	elong acion	regula ridad
U de Mann- Whitney	43,32	42,73	35,19	35,70	20,11	20,20	32,27	38,85	16,66	18,17	42,65	38,47	42,65	26,38
	9.00	9.50	2.00	7.50	6.50	5.50	4.50	8.50	4.50	9.00	5.00	5.00	4.50	0.50

W de Wilcoxon	92,78 4.00	92,19 4.50	84,64 7.00	85,16 2.50	47,61 1.50	47,70 0.50	71,61 4.50	87,99 9.50	37,16 7.50	43,83 0.00	81,99 5.00	77,81 5.00	81,99 4.50	65,72 0.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-0.30 0.76	-0.58 0.56	-4.20 0.00	-3.95 0.00	-0.50 0.62	-0.42 0.67	-5.60 0.00	-2.32 0.02	-4.63 0.00	-0.72 0.47	-0.63 0.53	-2.63 0.01	-0.63 0.53	-8.42 0.00

a Variable de agrupación: tratamiento

Estadísticos de contraste(a) morfometría según EL grupos 0 2

	largo	ancho	perimetro	area	acrop erimeto	acroarea	largo PI	ancho PI	largoc ola	largoc abeza	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	47,28 3.00	53,19 5.50	50,90 2.50	52,18 4.50	22,48 2.50	22,42 7.00	35,71 0.50	33,55 4.00	16,23 9.50	11,90 8.00	46,37 8.50	45,59 3.00	46,36 3.50	40,22 5.50
W de Wilcoxon	106,6 23.00	102,6 50.50	100,3 57.50	101,6 39.50	45,91 8.50	45,86 3.00	94,70 6.50	82,69 5.00	34,76 7.50	37,55 9.00	105,7 18.50	104,9 33.00	105,3 59.50	99,56 5.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-2.76 0.01	-0.33 0.74	-1.28 0.20	-0.75 0.45	-2.02 0.04	-2.06 0.04	-7.46 0.00	-8.00 0.00	-4.24 0.00	-0.76 0.45	-3.13 0.00	-3.46 0.00	-3.08 0.00	-5.66 0.00

a Variable de agrupación: tratamiento

Estadísticos de contraste(a) morfometría según EL grupos 1 2

	largo	ancho	perimetro	area	acrop erimeto	acroarea	largo PI	ancho PI	largoc ola	largoc abeza	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	40,99 0.50	47,40 3.50	41,63 9.00	41,17 0.00	16,65 6.50	16,65 5.00	43,61 4.50	35,35 2.00	18,14 4.50	9,295. 00	42,26 4.50	45,80 6.00	42,26 5.50	41,62 6.00
W de Wilcoxon	100,3 30.50	106,7 43.50	100,9 79.00	100,5 10.00	40,09 2.50	40,09 1.00	102,6 10.50	74,41 2.00	38,64 7.50	23,49 1.00	101,6 04.50	105,1 46.00	101,2 61.50	80,96 6.00
Z Sig. asintót. (bilateral)	-3.20 0.00	-0.34 0.74	-2.91 0.00	-3.12 0.00	-2.20 0.03	-2.20 0.03	-1.97 0.05	-5.26 0.00	-1.10 0.27	-0.04 0.96	-2.63 0.01	-1.05 0.29	-2.58 0.01	-2.92 0.00

a Variable de agrupación: tratamiento

ANEXO 62. Análisis de varianza para clasificación morfológica Tipo 1

```
> Datos<-data.frame(sqlFetch(canalexcel, "Hoja3"))
> library(agricolae)
> modelo<-aov(t1~BLOQUE+TRATAM,data=Datos)
> anova(modelo)
```

Analysis of Variance Table

Response: t1

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	620.6	620.59	1.8796	0.19359
TRATAM	1	1380.4	1380.44	4.1809	0.06168 .
Residuals	13	4292.3	330.17		

Signif. codes: 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
CV=36.07%

ANEXO 63. Análisis de varianza para clasificación morfológica Tipo 2

```
> modelo<-aov(t2~BLOQUE+TRATAM,data=Datos)
> anova(modelo)
```

Analysis of Variance Table

Response: t2

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	613.49	613.49	3.5320	0.08280 .
TRATAM	1	841.69	841.69	4.8459	0.04638 *
Residuals	13	2258.00	173.69		

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

CV=90.87%

```
> duncan.test(modelo,"TRATAM",alpha=0.05,console=TRUE)
Study: modelo ~ "TRATAM"
Duncan's new multiple range test
for t2
Mean Square Error: 173.6927
TRATAM, means
  t2  std r  Min  Max
0 7.268952 7.162734 6 0.9208103 21.08626
1 11.530180 6.909707 5 5.1851852 22.67303
2 26.155668 23.603941 5 10.7638889 67.12803
Groups according to probability of means differences and alpha level( 0.05 )
Means with the same letter are not significantly different.
  t2 groups
2 26.155668  a
1 11.530180  ab
0 7.268952  b
```

ANEXO 64. Análisis de varianza para clasificación morfológica Tipo 3

```
> modelo<-aov(t3~BLOQUE+TRATAM,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: t3
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	2.49	2.487	0.0584	0.8129
TRATAM	1	11.00	10.996	0.2581	0.6199
Residuals	13	553.84	42.603		

CV=58.31%

ANEXO 65. Análisis de varianza para clasificación morfológica Tipo 4

```
> modelo<-aov(t4~BLOQUE+TRATAM,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: t4
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	3.0	2.958	0.0111	0.9178
TRATAM	1	131.3	131.294	0.4919	0.4955
Residuals	13	3470.1	266.934		

CV=68.28%

ANEXO 66. Análisis de varianza para frecuencia de anomalías morfológicas

```
> modelo<-aov(anormal~BLOQUE+TRATAM,data=Datos)
> anova(modelo)
Analysis of Variance Table
Response: anormal
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
BLOQUE	1	0.014	0.0142	0.0026	0.9604
TRATAM	1	0.307	0.3074	0.0554	0.8175
Residuals	13	72.088	5.5453		

CV=141.0%

ANEXO 67. Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para parámetros morfométricos según clasificación morfológica

Estadísticos de contraste(a,b)

	largo	ancho	perimetro	area	acrop rimeto	acroarea	largoPI	anchoPI	largoc ola	largoc abeza	eliptic idad	rugosi dad	elong acion	regula ridad
Chi-cuadrado	8.71	23.92	15.88	17.93	52.62	47.66	15.08	2.92	7.26	64.93	25.15	5.36	25.46	23.46
GL	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	2.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Sig. asintót.	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.06	0.00	0.00	0.15	0.00	0.00
CV%	4.72	4.49	3.86	7.64	8.35	18.04	6.64	17.97	8.05	6.41	5.28	1.05	47.83	2.48

A Prueba de Kruskal-Wallis
B Variable de agrupación: tipo

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 1 2

	largo	ancho	perim etro	area	acrop erimet o	acroar ea	largo PI	ancho PI	largoc ola	largoc abeza	eliptic idad	rugosi dad	elong acion	regula ridad
--	-------	-------	---------------	------	----------------------	--------------	-------------	-------------	---------------	-----------------	-----------------	---------------	----------------	-----------------

U de Mann-Whitney	39,34 8.00	34,14 0.00	37,00 1.00	36,79 9.00	26,93 7.00	27,87 5.50	41,22 1.50	39,89 0.00	16,52 5.00	14,56 1.50	32,96 2.00	41,00 4.00	32,95 2.00	35,11 3.50
W de Wilcoxon	58,26 3.00	134,2 68.00	137,1 29.00	136,9 27.00	124,8 40.00	125,7 78.50	59,94 2.50	138,2 36.00	24,27 5.00	78,10 7.50	51,87 7.00	141,1 32.00	51,86 7.00	54,02 8.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-1.86 0.06	-4.28 0.00	-2.95 0.00	-3.05 0.00	-6.06 0.00	-5.59 0.00	-0.89 0.37	-1.35 0.18	-2.42 0.02	-7.48 0.00	-4.83 0.00	-1.09 0.27	-4.83 0.00	-3.83 0.00
a	Variable de agrupación: tipo													

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 1 3

	largo	ancho	perimetro	area	acrop erimetro	acroar ea	largo PI	ancho PI	largocola	largocabeza	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	21,53 1.00	19,22 9.50	19,80 7.00	19,78 9.00	301.5 0	283.5 0	20,49 9.00	20,38 2.00	8,117. 00	319.5 0	19,31 9.50	22,45 2.50	19,31 5.50	17,61 3.50
W de Wilcoxon	26,68 2.00	119,3 57.50	119,9 35.00	119,9 17.00	337.5 0	319.5 0	25,65 0.00	118,7 28.00	9,887. 00	340.5 0	24,47 0.50	122,5 80.50	24,46 6.50	22,76 4.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-0.73 0.47	-2.33 0.02	-1.92 0.05	-1.94 0.05	-4.02 0.00	-4.07 0.00	-1.44 0.15	-1.10 0.27	-1.47 0.14	-2.94 0.00	-2.26 0.02	-0.08 0.93	-2.27 0.02	-3.45 0.00
a	Variable de agrupación: tipo													

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 1 4

	largo	ancho	perimetro	area	largoPI	anchoPI	largocola	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	40,536. 00	36,517. 50	36,641. 00	35,982. 50	35,733. 50	42,650. 00	18,538. 50	41,348. 50	38,995. 00	41,357. 00	37,558. 00
W de Wilcoxon	140,664. .00	136,645. .50	136,769. .00	136,110. .50	55,039. 50	61,371. 00	25,919. 50	60,654. 50	139,123. .00	60,467. 00	56,864. 00
Z Sig. asintót. (bilateral)	-1.51 0.13	-3.36 0.00	-3.30 0.00	-3.61 0.00	-3.72 0.00	-0.05 0.96	-0.34 0.73	-1.13 0.26	-2.22 0.03	-1.03 0.30	-2.88 0.00
a	Variable de agrupación: tipo										

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 2 3

	largo	ancho	perimetro	area	acrop erimetro	acroar ea	largo PI	ancho PI	largocola	largocabeza	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	9,368. 50	9,170. 50	9,608. 50	9,554. 00	92.50 88.00	88.00	9,251. 00	9,536. 50	3,619. 00	63.00	8,858. 50	9,332. 00	8,851. 50	9,628. 00
W de Wilcoxon	28,28 3.50	14,32 1.50	14,75 9.50	14,70 5.00	128.5 0	124.0 0	14,40 2.00	28,25 7.50	11,36 9.00	84.00	27,77 3.50	14,48 3.00	27,76 6.50	14,77 9.00
Z Sig. asintót. (bilateral)	-0.62 0.54	-0.90 0.37	-0.27 0.79	-0.35 0.73	-4.15 0.00	-4.18 0.00	-0.72 0.47	-0.02 0.98	-0.12 0.91	-3.53 0.00	-1.35 0.18	-0.67 0.50	-1.36 0.17	-0.24 0.81
a	Variable de agrupación: tipo													

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 2 4

	largo	ancho	perimetro	area	largoPI	anchoPI	largocola	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
--	-------	-------	-----------	------	---------	---------	-----------	-------------	-----------	------------	-------------

U de Mann-Whitney	15,846.50	18,292.00	18,480.00	18,256.00	15,938.50	17,196.00	6,505.00	15,454.50	17,994.00	15,239.00	17,954.50
W de Wilcoxon	34,761.50	37,598.00	37,395.00	37,171.00	35,244.50	35,917.00	14,255.00	34,369.50	36,909.00	34,154.00	36,869.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-2.84	-0.65	-0.48	-0.68	-2.68	-1.31	-1.80	-3.20	-0.92	-3.32	-0.95
a	0.00	0.52	0.63	0.50	0.01	0.19	0.07	0.00	0.36	0.00	0.34

a Variable de agrupación: tipo

Estadísticos de contraste(a) morfometría según tipo grupos 3 4

	largo	ancho	perimetro	area	largoPI	anchoPI	largocola	elipticidad	rugosidad	elongacion	regularidad
U de Mann-Whitney	8,662.00	9,620.50	9,405.00	9,281.00	8,884.00	8,934.00	3,168.50	9,003.50	8,886.00	8,896.50	9,123.50
W de Wilcoxon	13,813.00	14,771.50	14,556.00	14,432.00	28,190.00	27,655.00	4,938.50	14,154.50	14,037.00	14,047.50	14,274.50
Z Sig. asintót. (bilateral)	-1.76	-0.40	-0.70	-0.88	-1.45	-0.91	-1.22	-1.28	-1.44	-1.36	-1.10
a	0.08	0.69	0.48	0.38	0.15	0.36	0.22	0.20	0.15	0.17	0.27

a Variable de agrupación: tipo

ANEXO 68. Análisis de varianza para variables de fertilidad según EL

Fuente	Variable dependiente	Suma de cuadrados tipo III	GL	Media cuadrática	F	Significación
TRATAMIENTO	CRÍAS	3.000	1.000	3.000	4.000	0.116
	EDAD_EMP	705.333	1.000	705.333	512.970	0.000
	EDAD_PARTO	705.333	1.000	705.333	512.970	0.000
Error	CRÍAS	3.000	4.000	0.750		
	EDAD_EMP	5.500	4.000	1.375		
	EDAD_PARTO	5.500	4.000	1.375		
Total	CRÍAS	30.000	6.000			
	EDAD_EMP	36,131.000	6.000			
	EDAD_PARTO	126,571.000	6.000			
Total corregida	CRÍAS	6.000	5.000			
	EDAD_EMP	710.833	5.000			
	EDAD_PARTO	710.833	5.000			

a R cuadrado = .500 (R cuadrado corregida = .375)

b R cuadrado = .992 (R cuadrado corregida = .990)

CV CRÍAS=43.30%

CV EDAD_EMP=1.53%

CV EDAD_PARTO=0.81%

ANEXO 69. Prueba de Chi-cuadrado para asociación de EL con tasa de preñez

Pruebas de Chi-cuadrado

	Valor	GL	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	8.98	2.00	0.01
Razón de verosimilitudes	12.40	2.00	0.00
Asociación lineal por lineal	8.29	1.00	0.00
N de casos válidos	13.00		

A 6 casillas (100.0%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 1.85.

ANEXO 70. Parámetros espermáticos de cobayos (107±9,8 días de edad) sometidos a diferente exposición lumínica (promedio ± desviación estándar)

Variable	EL0	EL1	EL2	P-valor	Sig
N	6	5	5		
Peso vivo (g)	1163,18±66,17	1264,38±48,73	1036,82±83,05	0,141	NS
Peso testicular (g)	12,24±1,16	14,72±1,29	13,70±2,17	0,601	NS
Concentración.(M/mL)	915,23±154,97 ^{ab}	1151,10±144,26 ^a	456,19±146,57 ^b	0,022	*
Motilidad progresiva (%)	29,44±5,59	22,88±5,86	15,61±5,03	0,265	NS
Motilidad no progresiva (%)	50,19±2,67 ^a	48,49±10,63 ^a	13,89±10,25 ^b	0,015	*
Motilidad total (%)	79,63±3,12 ^a	71,37±15,03 ^a	29,50±12,70 ^b	0,011	*
VCL (µm/s)	86,44±6,26 ^a	96,62±679 ^a	57,66±8,45 ^b	0,028	*
VSL (µm/s)	23,52±2,57	26,87±1,90	17,32±4,01	0,145	NS
VAP (µm/s)	50,04±3,41	50,72±4,25	33,94±5,17	0,083	NS
LIN (%)	26,64±1,04	26,60±1,38	27,85±3,22	0,985	NS
STR (%)	44,94±2,78	48,86±1,59	47,55±3,82	0,437	NS
WOB (%)	58,47±1,40	52,69±2,44	56,63±2,04	0,074	NS
ALH (µm)	2,98±0,17 ^a	3,41±0,23 ^a	2,10±0,21 ^b	0,011	*
BCF (Hz)	6,87±0,52	7,23±0,33	5,98±0,90	0,400	NS
Vitalidad (%)	34,86±3,43 ^a	32,73±2,31 ^a	20,70±2,05 ^b	0,001	**
HOST+ (%)	60,49±3,81 ^a	59,76±3,91 ^a	36,63±4,94 ^b	0,003	**
CB++ (%)	66,43±2,85 ^a	28,67±7,52 ^b	36,51±11,04 ^{ab}	0,023	*
CB+ (%)	21,38±2,53 ^b	59,12±7,82 ^a	36,46±6,19 ^{ab}	0,007	**
CB total (%)	87,81±2,06 ^a	87,79±2,89 ^a	72,97±6,19 ^b	0,013	*
SDFI (%)	10,26±1,27 ^a	12,49±3,29 ^a	53,04±3,04 ^b	0,014	*

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. SEM: Error estándar de la media, CV: Coeficiente de variación. VCL: Velocidad curvilínea; VSL: Velocidad en línea recta; VAP: Velocidad de trayectoria promedio; LIN: Linealidad; STR: Rectitud; WOB: Oscilación; ALH: Amplitud del desplazamiento lateral de la cabeza; BCF: Frecuencia de beat-cross; HOST +: reacción positiva a la prueba de hinchazón hipoosmótica; CB ++: tinción fuerte con Coomassie Blue; CB +: tinción débil con Coomassie Blue; CB total: tinción total con Coomassie Blue; SDFI: índice de fragmentación del ADN espermático. Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b) indican diferencias significativas. *: Diferencias significativas al nivel de p<0,05; **: diferencias significativas al nivel de p<0,01; NS: diferencias no significativas (p>0,05).

ANEXO 71. Parámetros morfométricos de espermatozoides de cobayos bajo diferente exposición lumínica (promedio ± desviación estándar)

	EL0	EL1	EL2	Prueba Kruskal-Wallis	Sig.
N	314	280	344		
Longitud (µm)	8,25±0,38 ^a	8,25±0,32 ^a	8,16±0,44 ^b	0,002	**
Anchura (µm)	7,34±0,33	7,37±0,29	7,36±0,36	0,831	NS
Perímetro (µm)	26,10±0,96 ^b	26,40±0,85 ^a	26,21±1,16 ^b	0,000	**
Área (µm ²)	48,93±3,57 ^b	49,94±3,10 ^a	49,16±4,34 ^b	0,000	**
Elipticidad	1,125±0,06 ^a	1,121±0,05 ^a	1,110±0,06 ^b	0,003	**
Rugosidad	0,901±0,01 ^a	0,899±0,01 ^b	0,898±0,01 ^c	0,001	**
Elongación	0,058±0,03 ^a	0,056±0,02 ^a	0,051±0,03 ^b	0,003	**
Regularidad	0,972±0,02 ^a	0,957±0,02 ^c	0,961±0,03 ^b	0,000	**
Longitud de PI (µm)	11,45±0,55 ^a	11,17±0,75 ^b	11,14±0,86 ^b	0,000	**
Anchura de PI (µm)	0,63±0,08 ^c	0,65±0,10 ^b	0,72±0,15 ^a	0,000	**
Longitud de cola (µm)	89,66±9,61 ^a	88,72±6,61 ^b	89,43±3,56 ^b	0,000	**

EL0: Sin estimulación lumínica, EL1: Fotoperiodo con luz LED 10L/14D, EL2: Fotoperiodo con luz solar 10L/14D. PI: Pieza intermedia; SEM: Error estándar de la media; CV: Coeficiente de variación. . Diferentes letras en superíndice en las filas ^(a,b,c) indican diferencias significativas. **: Diferencia significativa al nivel p<0,01.

ANEXO 72. Matriz de componentes rotados de variables de crecimiento corporal

	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
S3 Peso vivo	0,98	-0,10	0,05	-0,08	0,01	0,03	-0,06
S3 Consum. Alim.	0,98	-0,10	0,05	-0,08	0,01	0,03	-0,06
S4 Peso vivo	0,98	0,07	-0,04	-0,08	0,03	0,08	-0,01
S5 Peso vivo	0,98	0,08	-0,03	0,10	0,02	0,09	-0,02
S4 Consum. Alim.	0,97	0,01	-0,17	-0,03	-0,08	0,05	-0,02
S6 Peso vivo	0,96	0,07	-0,06	0,13	-0,00	0,20	-0,04
S2 Peso vivo	0,96	-0,03	0,11	-0,18	0,14	-0,02	0,02
S2 Consum. Alim.	0,96	-0,03	0,11	-0,18	0,14	-0,02	0,02
S1 Consum. Alim.	0,96	-0,02	0,13	-0,20	-0,09	-0,01	0,05
S1 Peso vivo	0,96	-0,02	0,13	-0,20	-0,09	-0,01	0,05
S0 Peso vivo	0,94	0,11	-0,20	0,11	0,00	0,22	-0,03
S7 Peso vivo	0,93	0,11	0,20	-0,05	-0,08	-0,18	0,08
S8 Peso vivo	0,93	0,19	-0,20	0,12	-0,00	0,19	-0,04
S9 Peso vivo	0,92	0,17	-0,22	0,13	-0,01	0,19	0,10
S4 Perim. Tórax	0,92	0,04	0,29	-0,06	0,05	0,07	-0,02
S5 Consum. Alim.	0,91	0,00	-0,19	0,27	-0,06	0,05	-0,05
S8 Consum. Alim.	0,91	0,17	-0,22	0,17	-0,04	0,17	-0,01
S3 Perim. Tórax	0,91	-0,08	0,21	-0,11	0,12	-0,07	-0,03
S5 Perim. Tórax	0,91	0,10	0,18	0,07	0,03	0,06	-0,06
S7 Consum. Alim.	0,90	0,10	-0,23	0,13	-0,04	0,17	0,15
S6 Consum. Alim.	0,90	0,03	-0,16	0,29	-0,08	0,21	-0,04
S6 Perim. Tórax	0,90	0,14	0,30	0,15	-0,03	0,16	-0,04
S7 Perim. Tórax	0,89	0,19	0,21	0,10	0,01	0,18	0,02
S9 Perim. Tórax	0,86	0,34	0,02	0,04	0,05	0,26	0,09
S8 Perim. Tórax	0,84	0,34	0,15	0,14	0,11	0,25	0,04
Peso de instalación	0,83	0,00	0,13	-0,15	0,03	-0,18	0,10
S1 Perim. Tórax	0,75	0,25	0,19	-0,14	0,14	-0,27	0,06
S0 Perim. Tórax	0,69	0,44	0,14	0,02	0,34	-0,13	-0,20
S2 Increment. Peso	0,65	-0,29	-0,18	0,27	-0,42	0,17	-0,31
S2 Perim. Tórax	0,62	-0,12	0,61	-0,30	0,10	0,05	-0,17
S7 Increment. Peso	0,36	0,81	-0,16	0,17	-0,04	-0,13	-0,16
S7 Conver. Alim	0,15	-0,81	-0,01	-0,05	0,10	0,26	0,32
S3 Conver. Alim	0,09	-0,73	0,28	0,07	-0,09	-0,42	-0,12
S3 Increment. Peso	0,45	0,68	-0,36	-0,04	0,11	0,24	0,19
S6 Increment. Peso	0,23	0,26	-0,84	-0,05	0,03	0,16	0,04
S6 Conver. Alim	0,33	-0,14	0,80	0,23	-0,21	-0,00	0,02
S4 Increment. Peso	0,32	0,08	0,02	0,92	-0,04	0,07	-0,02
S4 Conver. Alim	0,31	-0,04	-0,15	-0,87	-0,01	-0,01	-0,02
S1 Increment. Peso	0,30	-0,03	-0,04	0,02	0,92	-0,05	-0,09
S1 Conver. Alim	0,35	0,06	0,26	-0,01	-0,87	0,08	0,08
S2 Conver. Alim	0,30	0,26	0,38	-0,39	0,57	-0,15	0,26
S5 Conver. Alim	-0,12	0,03	0,04	-0,01	0,13	-0,92	0,11
S5 Increment. Peso	0,60	0,00	-0,16	0,23	-0,12	0,69	-0,13
S8 Conver. Alim	0,14	0,06	-0,05	0,09	0,03	0,17	-0,93
S8 Increment. Peso	0,17	-0,12	-0,12	0,08	-0,06	0,02	0,90

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

ANEXO 73. Matriz de componentes rotados de variables de productividad y peso de órganos

	Componente				
	1	2	3	4	5
Peso canal caliente	0,98	0,05	-0,02	0,14	0,10
Peso final	0,95	0,14	0,04	0,18	0,09
Peso Hígado	0,83	0,14	0,49	0,12	0,06
Pulmón + tráquea %	-0,81	0,42	-0,19	-0,00	0,23
Rendimiento	0,60	-0,37	-0,26	-0,11	0,01
Riñón %	-0,33	0,83	0,10	0,07	-0,14
Peso Pulmón + tráquea	0,01	0,74	-0,26	0,15	0,39
Testículos %	0,15	0,73	0,29	-0,32	-0,29
Peso Riñón	0,65	0,68	0,13	0,18	-0,05
Peso Testículos	0,63	0,64	0,25	-0,17	-0,19
Hígado %	0,20	0,02	0,90	-0,03	-0,02
Peso Corazón	0,23	0,17	0,79	0,26	0,02
Corazón %	-0,49	-0,01	0,78	0,06	-0,05
Vesícula Biliar %	0,01	0,01	0,09	0,97	-0,00
Peso Vesícula Biliar	0,22	0,01	0,11	0,96	0,03

Peso Bazo	0,22	-0,06	-0,01	0,05	0,95
Bazo %	-0,61	-0,10	0,03	-0,10	0,73

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.

ANEXO 74. Matriz de componentes rotados de variables de calidad espermática

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
VCL	0,92	0,09	0,16	-0,19	-0,00	-0,17
VAP	0,91	0,07	0,33	0,09	-0,07	-0,18
SDFI	-0,89	0,06	-0,20	-0,02	-0,23	-0,20
ALH	0,89	0,05	0,17	-0,27	0,04	-0,17
VSL	0,82	0,46	0,12	-0,16	-0,07	-0,21
Vitalidad	0,81	-0,07	-0,07	0,09	0,41	0,18
T2	-0,71	0,40	0,20	0,34	0,03	0,02
HOST	0,57	0,26	0,55	0,05	0,44	-0,15
STR	-0,01	0,90	-0,21	-0,23	-0,15	-0,23
LIN	-0,04	0,88	0,10	0,32	-0,20	-0,16
BCF	0,51	0,81	0,00	-0,01	0,16	0,01
Peso testicular	-0,27	0,74	0,53	-0,13	0,13	-0,09
Peso vivo	0,18	0,61	0,40	-0,19	0,37	0,20
Motilidad progresiva	0,07	-0,27	0,90	0,08	-0,02	-0,08
CB Total	0,23	0,19	0,84	0,21	0,28	0,12
Motilidad total	0,31	0,27	0,81	0,33	0,18	0,09
Motilidad no progresiva	0,36	0,47	0,61	0,39	0,23	0,15
CB+	0,26	0,08	0,06	-0,94	-0,08	-0,10
CB++	-0,15	-0,01	0,24	0,90	0,17	0,13
WOB	0,03	0,01	0,51	0,82	-0,06	-0,00
Concentración	0,28	0,23	0,19	0,00	0,82	0,08
T4	0,23	0,21	-0,22	-0,30	-0,81	-0,08
T1	0,44	-0,54	-0,02	-0,04	0,67	-0,25
T3	-0,10	0,05	0,10	0,02	0,03	0,98
Anormalidades	-0,12	-0,29	-0,05	0,19	0,03	0,87

Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.