



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO SOBRE LOS NIVELES DE
CORTISOL Y ANÁLISIS SEMINAL EN MACHOS CABRÍOS DE
DIFERENTES BIOTIPOS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autor: Emely Melania Reyes Borbor

Tutor: MVZ. Joffre Javier Masaquiza Aragón, Mgtr.

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE AGROPECUARIA**

**INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO SOBRE LOS NIVELES DE
CORTISOL Y ANÁLISIS SEMINAL EN MACHOS CABRÍOS DE
DIFERENTES BIOTIPOS**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

Ingeniera Agropecuaria

Autor: Emely Melania Reyes Borbor

Tutor propuesto: MVZ. Joffre Masaquiza Aragón, Mgtr.

LA LIBERTAD, AGOSTO 2026

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **EMELY MELANIA REYES BORBOR** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero/a Agropecuario de la Carrera de Agropecuaria.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 12/08/2026



Ing. Verónica Andrade Yucatilla, Ph.D
DIRECTORA DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Mvz. Edison Barragán Taco, Mgtr.
PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mvz. Joffre Masaquiza Aragón, Mgtr.
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D
PROFESORA GUÍA DE LA UIC
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Lic. Washington Perero Mgtr.
ASISTENTE ADMINISTRATIVO
SECRETARIO



Lic. Washington Vidal Perero Vera

AGRADECIMIENTOS

Con infinita gratitud a Dios por ser mi guía en cada paso de este camino.

Gracias a mis padres Ernesto y Marlene, los pilares de mi vida. No hay palabras suficientes para expresar mis agradecimientos por todo lo que por mi han hecho: cada consejo, cada sacrificio fueron cruciales para llegar hasta aquí. Gracias por brindarme su confianza, entrega y amor. Su apoyo a sido mi motor y su inquebrantable cariño mi refugio.

A mis hermanos Sugeidy y Jeremy, quienes se convirtieron en el impulso que necesitaba cuando quería doblegar, gracias por dar por hecho que me convertiría en una profesional aun cuando yo misma dudaba de ello.

A William Morales quien me acompaño durante toda mi etapa universitaria, gracias por impulsarme y ayudarme sin esperar nada a cambio, por acompañarme en mis desvelos y ser ejemplo de amor y optimismo, Gracias por creer a ciegas en mí y en lo que puedo lograr.

A Jefferson Rodríguez, pieza fundamental para poder culminar este sueño anhelado. Gracias por tu infinita paciencia, entrega y cariño. Tu presencia ha sido una fuente constante de motivación, fortaleza y felicidad.

A mi tutor el MVZ. Joffre Masaquiza Aragón, por su invaluable apoyo, su paciencia y palabras de aliento. Gracias por guiarme con sus conocimientos y confiar en mis capacidades.

A la Facultad de Ciencias Agrarias por brindarme las bases para llevar a cabo este proyecto.

DEDICATORIA

A mi familia. En especial a mi papá, mi mayor orgullo, mi ejemplo a seguir y el amor más grande que tendré en la vida Ernesto Reyes es el nombre del ser humano que me ha enseñado que se vale soñar en grande y que no hay sueño que no se pueda alcanzar si se trabaja con determinación para lograrlo.

Gracias por depositar tu confianza en mí aun cuando no era merecedora de ello, eres el ejemplo de amor más puro que tengo, anhelo poder retribuirte tanto o más de lo que con amor y sin medida me das, pues tus esfuerzos merecen ser compensados.

Te amo inmensamente.

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el propósito de evaluar la influencia del fotoperiodo sobre la concentración de cortisol, la circunferencia escrotal y las características seminales en machos cabríos de biotipo criollo y especializado, considerando que el manejo del régimen lumínico constituye una alternativa para optimizar la eficiencia reproductiva en sistemas de producción caprina. El estudio se realizó en el Centro de Apoyo Río Verde mediante un diseño completamente al azar con arreglo factorial 2x2 y cinco medidas repetidas en el tiempo. Se evaluaron la concentración de cortisol, la circunferencia escrotal y las características macroscópicas y microscópicas del semen durante el período experimental. Los resultados evidenciaron que el fotoperiodo influyó en la respuesta fisiológica y reproductiva de los machos cabríos de biotipo criollo y especializado. Se observaron variaciones en las concentraciones de cortisol según las condiciones de iluminación, mientras que la circunferencia escrotal mostró un comportamiento estable durante el período de evaluación. Asimismo, las características seminales macroscópicas y microscópicas se mantuvieron dentro de parámetros adecuados de calidad, lo que indica que el fotoperiodo controlado favoreció el desempeño reproductivo sin afectar negativamente el potencial reproductivo de los animales evaluados.

Palabras clave: Reproducción, calidad seminal, factorial, estrés fisiológico, lumínico.

ABSTRACT

The present research was conducted with the purpose of evaluating the influence of photoperiod on cortisol concentration, scrotal circumference, and seminal characteristics in male goats of criollo and specialized biotypes, considering that the management of the light regime constitutes an alternative to optimize reproductive efficiency in goat production systems. The study was conducted at the Río Verde Support Center using a completely randomized design with a 2x2 factorial arrangement and five repeated measures over time. The concentration of cortisol, scrotal circumference, and the macroscopic and microscopic characteristics of the semen were evaluated during the experimental period. The results showed that the photoperiod influenced the physiological and reproductive response of male goats of criollo and specialized biotypes. Variations in cortisol concentrations were observed according to lighting conditions, while scrotal circumference showed stable behavior during the evaluation period. Likewise, the macroscopic and microscopic seminal characteristics remained within appropriate quality parameters, indicating that the controlled photoperiod favored reproductive performance without negatively affecting the reproductive potential of the evaluated animals.

Keywords: Reproduction, semen quality, factorial, physiological stress, light.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Integración Curricular titulado **“INFLUENCIA DEL FOTOPERIODO SOBRE LOS NIVELES DE CORTISOL Y ANALISIS SEMINAL EN MACHOS CABRÍOS DE DIFERENTES BIOTIPOS”** y elaborado por **Emely Melania Reyes Borbor**, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
**EMELY MELANIA REYES
BORBOR**

Firma del estudiante

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema de investigación.....	2
Objetivos de la Investigación.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 Generalidades de los caprinos.....	3
1.2 Clasificación zoológica de los caprinos.....	4
1.3 Biotipos caprinos.....	4
1.3.1 Cabra criolla.....	4
1.3.2 Cabra Boer.....	5
1.3.3 Cabra Alpina	5
1.3.4 Otras razas.....	6
1.4 El fotoperiodo y su influencia biológica	7
1.4.1 Fotoperiodo.....	7
1.4.2 Efectos del fotoperiodo sobre el cortisol.....	7
1.4.3 Fotoperiodo y estrés fisiológico.....	8
1.4.4 Factores ambientales y manejo en la reproducción caprina	8
1.4.5 Mecanismos por los cuales la luz modula la secreción de cortisol.....	9
1.4.6 Relación entre la luz ambiental y las funciones fisiológicas	9
1.4.7 El papel de la melatonina en la regulación reproductiva	9
1.5 Fisiología del cortisol en caprinos.....	10
1.5.1 Función del cortisol como la hormona del estrés	10
1.5.2 Regulación endocrina y eje hipotálamo-hipófisis-adrenal	10
1.5.3 Análisis para medir nivel de cortisol	11
1.6 La reproducción de los pequeños rumiantes.....	11
1.6.1 La reproducción animal	11
1.6.2 Particularidades fisiológicas de la reproducción caprina	11
1.6.3 Factor que influye en la actividad reproductiva del macho cabrío	12
1.6.4 Hormonas sexuales del macho caprino	12
1.6.5 Mantenimiento de caracteres sexuales secundarios	13
1.6.6 Mecanismos de retroalimentación hormonal	14
1.6.7 Conducta sexual y libido	14
1.7 Protocolo de medición del escroto en machos cabríos.....	15
1.7.1 Preparación y sujeción.....	15
1.7.2 Medición de la circunferencia escrotal	15
1.7.3 Registro e interpretación	15
1.8 Desarrollo testicular y espermatogénesis	16
1.9 Análisis de características espermáticas.....	16
1.10 Características espermáticas macroscópicas y microscópicas en machos	16
1.10.1 Características macroscópicas	16
1.10.2 Características microscópicas	17
1.10.3 Influencia del fotoperiodo sobre las características macroscópicas y microscópicas en machos cabríos	17
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
1.11 Caracterización del área de estudio.....	18
1.12 Materiales, equipos y reactivos	18
1.12.1 Material biológico	18
1.12.2 Material de campo para colecta de muestras	19
1.12.3 Material de laboratorio.....	19
1.12.4 Equipos de laboratorio: Centrífuga, equipo BIOELAB-100P.	19
1.13 Tipo de investigación	19

1.14	Diseño de investigación	20
1.14.1	Diseño experimental	20
1.14.2	Tratamientos.....	21
1.14.3	Croquis del experimento.....	22
1.15	Manejo del experimento	22
1.16	Parámetros evaluados.....	23
De acuerdo con los dos grupos de estudio establecido por la exposición a luz y oscuridad se evaluó:		23
1.16.1	Niveles de cortisol.....	24
1.16.2	Morfología testicular	24
1.16.3	Análisis espermáticos, macroscópicas y microscópicas en machos cabríos	24
1.17	Análisis de los resultados	25
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		26
1.18	Fotoperiodo y cortisol en machos cabríos de diferentes biotipos	26
1.19	Evaluación de la circunferencia escrotal en machos cabríos de diferentes biotipos	29
1.20	Efectos de los biotipos sobre los parámetros reproductivos de machos cabríos de diferentes biotipos.....	31
1.20.1	Análisis macroscópico y microscópico del semen de machos cabríos.....	31
1.21	Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado	35
CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		38
Conclusiones.....		38
Recomendaciones		38
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....		40
ANEXOS.....		46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación zoológica de los caprinos	4
Tabla 2. Esquema del análisis de varianza	21
Tabla 3. Tratamientos del experimento	21
Tabla 4. Concentración de cortisol (nmol/L) en machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (Luz natural).....	26
Tabla 5. Concentración de cortisol (nmol/L) en machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).	27
Tabla 6. Comportamiento de la concentración de cortisol (nmol/L) del biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado (luz natural), (16 horas oscuridad y 8 horas luz).	28
Tabla 7. Comportamiento de la concentración de cortisol (nmol/L) del biotipo especializado bajo fotoperiodo natural y controlado (luz natural), (16 horas oscuridad y 8 horas luz).....	29
Tabla 8. Circunferencia escrotal (cm) de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (luz natural).	30
Tabla 9. Circunferencia escrotal (cm) de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).	31
Tabla 10. Características macroscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (luz natural).....	32
Tabla 11. Características microscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (12 horas oscuridad y 12 horas luz).	32
Tabla 12. Características macroscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).	34
Tabla 13. Características microscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).	34
Tabla 14. Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado	36
Tabla 15. Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo especializado bajo fotoperiodo natural y controlado	37

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplares caprinos.....	3
Figura 2. Caprino de raza criolla.....	5
Figura 3. Caprino de raza bóer.....	5
Figura 4. Cabra de raza alpina	6
Figura 5. Caprino de raza Saanen	6
Figura 6. Caprino de raza Nubia	7
Figura 7. Control neuroendocrino, relación hipotálamo, hipófisis y gónada.....	10
Figura 8. Ubicación del experimento	18

INDICE DE ANEXOS

Figura A 1. Acondicionamiento de instalaciones.....	46
Figura A 2. Limpieza de instalaciones	46
Figura A 3. Muestras recolectadas	46
Figura A 4. Limpieza de comederos	46
Figura A 5. Curación de herida en caprino	46
Figura A 6. Toma de muestra sanguínea.....	46
Figura A 7. Equipo de análisis computarizado de semen	47
Figura A 8. Análisis computarizado de semen.....	47
Figura A 9. Kit del sistema CASA Minitube utilizado para el análisis seminal.	47

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial, la producción de carne caprina ha mantenido un ritmo de crecimiento constante durante la última década impulsado por la creciente demanda de proteínas animales, la adaptación de los sistemas productivos a diferentes condiciones climáticas y la mejora en las prácticas de manejo y alimentación, cabe recalcar que el ganado caprino destaca por su alta rusticidad y capacidad para desarrollarse en entornos áridos o con recursos limitados, lo que ha favorecido su expansión en diversas regiones del mundo (Orus, 2025).

De acuerdo al Instituto Nacional de Estadísticas y censos, el III censo agropecuario, Ecuador cuenta con aproximadamente 178.366 cabezas de ganado caprino, de las cuales el 83 % se concentra en la región Sierra, el 15 % en la Costa y el 2 % en el Oriente, esta distribución evidencia una clara predominancia del sistema caprino en la región Sierra donde las condiciones agroclimáticas resultan más favorables para su desarrollo y aprovechamiento productivo (Taipe, 2024).

A pesar de que la provincia de Santa Elena no posee un número elevado de cabezas de ganado caprino, se ubica en el segundo lugar a nivel nacional en cuanto a producción, después de la provincia de Loja, este resultado se relaciona con la eficiencia de los sistemas de manejo y aprovechamiento implementados por los productores locales, quienes han optimizado el uso de los recursos disponibles y adaptado las prácticas de crianza a las condiciones climáticas propias de la región (Vera, 2022).

En la parroquia Rio Verde desarrollan una actividad caprina sostenida, caracterizada por el empleo de técnicas tradicionales complementadas con estrategias de producción orientadas a la subsistencia y al comercio local contribuyendo al fortalecimiento de la economía rural, consolidando a la ganadería caprina como una alternativa viable para el desarrollo agropecuario sostenible en la zona (Reyes, 2015).

La reproducción caprina está influenciada por diversos factores ambientales, destacando el fotoperiodo por su importancia en la regulación endocrina, es significativo

señalar que la manipulación del fotoperiodo mediante luz artificial provoca cambios en los niveles de cortisol, lo que repercute directamente en la actividad sexual y la calidad seminal, constituyéndose en una herramienta útil para mejorar la eficiencia reproductiva en los machos caprinos.

Problema de investigación

¿El fotoperíodo influye en los niveles de cortisol plasmático y en los parámetros de calidad seminal de machos cabríos de diferentes biotipos?

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Determinar la influencia del fotoperiodo sobre los niveles de cortisol y análisis seminal en machos cabríos de diferentes biotipos en el Centro de Apoyo Rio Verde.

Objetivos Específicos

1. Medir los niveles de cortisol en machos cabríos de diferentes biotipos expuestos a un fotoperiodo controlado y natural en el Centro de Apoyo Rio verde.
2. Evaluar la circunferencia escrotal en machos cabríos de diferentes biotipos, expuestos a un fotoperiodo controlado y natural en el Centro de Apoyo Rio Verde.
3. Analizar las características espermáticas macroscópicas y microscópicas en machos cabríos de diferentes biotipos, expuestos a un fotoperiodo controlado y natural en el Centro de Apoyo Rio Verde.

Hipótesis

Los machos cabríos de diferentes biotipos expuestos a un fotoperiodo de 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad (8L:16O) presentaran mayores niveles de cortisol, mejores características espermáticas, y mayores valores de circunferencia escrotal en comparación con los machos expuestos a luz natural.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades de los caprinos

Las cabras se distinguen por su cuerpo compacto y extremidades robustas, además de una cola corta con un mechón de pelos más largo, poseen cuernos arqueados en forma de espiral o cimitarra, presentes en ambos sexos, pero más desarrollados en los machos, también presentan orejas largas y caídas, y un pelaje abundante con un mechón característico en la barba, además de dos glándulas cervicales llamadas mamellas. El color del pelo varía entre tonos marrones, negros, blancos o manchados (Borghi, et al., 2019).

Los caprinos son animales domésticos de gran adaptabilidad, caracterizados por su agilidad y tamaño pequeño a mediano, se crían principalmente con fines productivos, destacando la obtención de leche, carne y piel, presentan una reproducción temprana, alcanzando la pubertad entre los 8 y 10 meses de edad, con una alta incidencia de partos múltiples y la posibilidad de dos ciclos reproductivos anuales, también poseen una notable capacidad para aprovechar distintos tipos de vegetación y adaptarse a diversas condiciones climáticas (Ducoing, 2020).



Figura 1. Ejemplares caprinos

1.2 Clasificación zoológica de los caprinos

La taxonomía del ganado caprino permite clasificar esta especie dentro del reino animal según sus características biológicas y evolutivas, a continuación, se presenta la clasificación zoológica correspondiente (Tabla 1):

Tabla 1. Clasificación zoológica de los caprinos

Categoría	Descripción
Reino	Animal
Phylum	Cordados
Subphylum	Vertebrados
Clase	Mammalia
Orden	Artiodactila
Familia	Bovidae
Género	Capra
Especie	Hircus

Fuente: Ducoing (2020).

1.3 Biotipos caprinos

1.3.1 Cabra criolla

Es una raza rústica y bien adaptada a las condiciones ambientales de las zonas áridas y semiáridas, se caracteriza por su alta resistencia, capacidad de sobrevivir con recursos limitados y excelente aprovechamiento de pastos naturales y arbustos, presenta una gran variabilidad en su conformación física y color del pelaje, que puede ser blanco, negro, marrón o combinado, su tamaño es mediano y su estructura corporal es fuerte, lo que le permite desplazarse con facilidad en terrenos irregulares (Martínez, et al., 2014).

Además, la cabra criolla representa un valioso recurso zoogenético debido a su capacidad para mantener niveles aceptables de producción y reproducción bajo sistemas de manejo extensivo, su adaptación a condiciones ambientales adversas la convierte en una alternativa sostenible para los pequeños productores, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la conservación de la diversidad genética caprina (León, 2023).



Figura 2. Caprino de raza criolla

1.3.2 Cabra Boer

Existen diversas razas de cabras seleccionadas por características específicas de producción de carne, leche o adaptabilidad, entre las más destacadas se encuentran la Boer, originaria de Sudáfrica, reconocida por su notable desarrollo muscular, estructura ósea robusta y excelente capacidad de desplazamiento, lo que la convierte en una de las principales razas de carne a nivel mundial (Vázquez, 2024).



Figura 3. Caprino de raza bóer

1.3.3 Cabra Alpina

La cabra de Alpina se caracteriza por su tamaño mediano a grande, con una altura a la cruz entre 75 y 85 cm, y pesos que varían de 60 a 80 kg en hembras y de 80 a 90 kg en machos, presenta una capacidad reproductiva promedio de 1,4 crías por parto,

morfológicamente, es un animal de cuerpo alargado, cabeza triangular y perfil ligeramente cóncavo, con cuernos medianos en forma de lira, orejas erectas, cuello delgado y flexible, y extremidades fuertes, largas y rectas, además de una amplia capacidad torácica (Gonzales, 2022).



Figura 4. Cabra de raza alpina

1.3.4 Otras razas

Entre otras razas importantes incluyen a la Saanen, originaria de Suiza, conocida por su alta producción de leche, pelaje blanco y temperamento dócil; la Toggenburg, también suiza, de tamaño mediano, pelaje pardo con marcas blancas distintivas y excelente capacidad lechera (Rojas and Menesses, 2010).



Figura 5. Caprino de raza Saanen

La Nubia, de origen africano, apreciada por su adaptabilidad a climas cálidos, orejas largas y colgantes, y producción dual de leche y carne, estas razas representan la diversidad morfológica y productiva del caprino, mostrando cómo la selección genética ha favorecido características específicas de acuerdo con las necesidades de los sistemas de producción en distintas regiones del mundo (Ducoing, 2020).

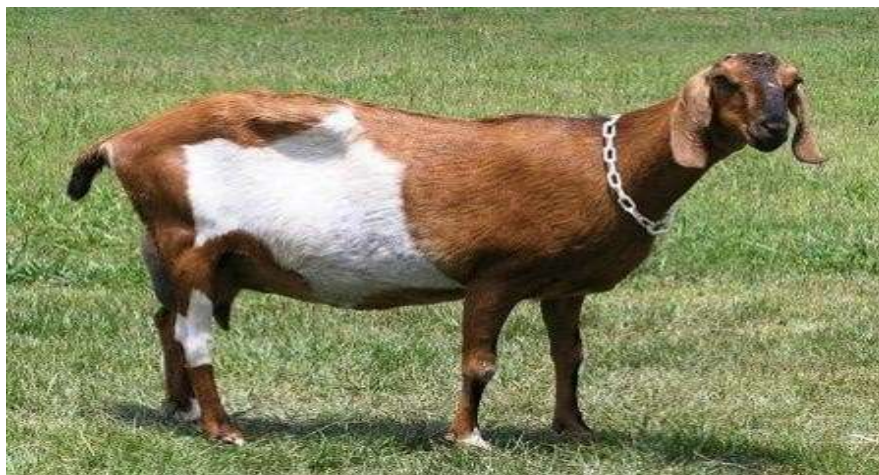


Figura 6. Caprino de raza Nubia

1.4 El fotoperiodo y su influencia biológica

1.4.1 Fotoperiodo

Constituye el principal factor ambiental que regula la actividad reproductiva en los caprinos, ya que el animal percibe los cambios en la duración del día a través de la secreción de melatonina, esta especie experimenta variaciones reproductivas a lo largo del año en función de la cantidad de horas luz, de modo que los días cortos favorecen la actividad reproductiva, mientras que los días largos la reducen, debido a esta estacionalidad reproductiva, las cabras presentan fluctuaciones significativas en sus niveles de producción (Gatica, et al., 2012).

1.4.2 Efectos del fotoperiodo sobre el cortisol

El cortisol es una hormona glucocorticoide producida por la corteza adrenal que cumple un papel esencial en la regulación del metabolismo y, principalmente, en la respuesta del organismo frente al estrés, su concentración puede evaluarse mediante diferentes matrices biológicas, como sangre, saliva, orina, heces, leche y pelo, lo que permite estimar tanto

respuestas agudas como crónicas al estrés, dependiendo del tipo de muestra utilizada (Šimunec, et al., 2026).

El fotoperiodo se refiere a la duración diaria de luz y oscuridad a la que están expuestos los animales, constituyendo un factor ambiental determinante en la regulación de procesos fisiológicos y reproductivos, especialmente en especies estacionales como los caprinos, en términos generales, tanto el cortisol como el fotoperiodo están relacionados con la adaptación fisiológica del organismo a su entorno, ya que las variaciones en la luminosidad ambiental pueden influir indirectamente en la actividad endocrina y en los niveles de estrés de los animales (Botía, et al., 2023).

El fotoperiodo regula la reproducción del macho cabrío mediante la melatonina, afectando testosterona y cortisol, días cortos estimulan el eje hipotálamo-hipófisis, aumentando la actividad sexual, mientras que la exposición a fotoperiodos controlados o la presencia de machos activos puede potenciar la conducta reproductiva incluso durante el anestro estacional (Rodríguez, et al., 2011).

1.4.3 Fotoperiodo y estrés fisiológico

Durante los días largos, los machos cabríos muestran menor actividad sexual y calidad seminal, la manipulación lumínica con luz artificial o melatonina permite inducir la actividad sexual fuera de temporada, estimulando a otros machos y hembras, mientras que su correcta aplicación evita estrés metabólico y maximiza la eficiencia reproductiva durante todo el año (Delgadillo, et al., 2021).

1.4.4 Factores ambientales y manejo en la reproducción caprina

La reproducción caprina depende de diversos factores ambientales y de manejo que influyen directamente en la fertilidad y productividad del rebaño, el fotoperiodo, la temperatura y la nutrición son los elementos más determinantes, ya que regulan la actividad hormonal, la calidad seminal y el comportamiento reproductivo, además, un manejo adecuado que incluya control sanitario, selección de reproductores y detección de celo contribuye a mejorar los índices reproductivos (Meneses, 2015).

1.4.5 Mecanismos por los cuales la luz modula la secreción de cortisol

La luz ambiental modula la secreción de cortisol principalmente a través de la regulación del ritmo circadiano y la actividad del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal, la señal lumínica es percibida por la retina y transmitida al hipotálamo, ajustando la liberación de hormonas reguladoras como la corticotropina y la adrenocorticotropina, que a su vez controlan la producción de cortisol por la corteza suprarrenal de esta manera, los cambios en la duración e intensidad de la luz influyen directamente en los niveles de cortisol (Pelayo , 2013).

1.4.6 Relación entre la luz ambiental y las funciones fisiológicas

La luz ambiental constituye un factor ambiental clave que regula diversas funciones fisiológicas en los animales a través de la sincronización de los ritmos circadianos, la exposición a diferentes fotoperiodos influye en la actividad hormonal, el metabolismo, la conducta y la reproducción, modulando la secreción de hormonas como la melatonina y el cortisol, lo que repercute en la adaptación al ambiente, el bienestar y la eficiencia productiva (Hernandez , et al., 2020).

1.4.7 El papel de la melatonina en la regulación reproductiva

1.4.7.1 Mecanismo de acción de la melatonina en respuesta al fotoperiodo

Un mediador entre el ambiente y el sistema reproductivo, durante los días largos, la producción de melatonina disminuye, y reduce la actividad reproductiva, mientras que, durante los días cortos, el aumento de melatonina favorece a la función reproductiva, esta hormona se une a los receptores MT1 y MT2, regulando los ritmos circadianos y estacionales, lo que permite sincronizar la reproducción con las condiciones ambientales más adecuadas para la supervivencia y desarrollo de las crías (Correa and Fernández, 2017).

1.4.7.2 Secreción pineal y ritmos circadianos

En los machos caprinos, la detección del fotoperiodo se realiza a través del sistema nervioso central, que percibe la duración de la luz y la oscuridad mediante los ojos, en respuesta a estos estímulos, la glándula pineal produce y libera melatonina, cuya secreción aumenta durante la noche y disminuye en las horas de luz (Boeta, et al., 2022).

Esta hormona actúa sobre el hipotálamo, modulando los ritmos biológicos del animal y regulando procesos fisiológicos esenciales, durante los meses con menor luminosidad, el incremento de melatonina estimula la actividad reproductiva, indicando al organismo el momento adecuado para iniciar el ciclo sexual y favorecer la reproducción en condiciones ambientales favorables (Cervantes, 2020).

1.5 Fisiología del cortisol en caprinos

1.5.1 Función del cortisol como la hormona del estrés

El cortisol es la principal hormona glucocorticoide involucrada en la respuesta al estrés en mamíferos, incluyendo cabras, esta hormona es producida por la corteza suprarrenal bajo la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal (HHA), que se activa frente a estímulos físicos o ambientales que generan estrés, en cabras, la secreción de cortisol puede aumentar notablemente ante cambios en el manejo, alteraciones en la alimentación, transporte, o variaciones ambientales como la temperatura y el fotoperiodo (Odeon, 2022).

1.5.2 Regulación endocrina y eje hipotálamo-hipófisis-adrenal

El eje endocrino reproductivo regula la función reproductiva al controlar la liberación de hormonas que estimulan la actividad de los órganos reproductores, promoviendo la ovulación, la espermatogénesis y el mantenimiento del ciclo reproductivo, son dos estructuras anatómicas que mantienen una relación fisiológica estrecha, funcionando como una unidad integrada que coordina diversas funciones endocrinas (Boeta, et al., 2022).

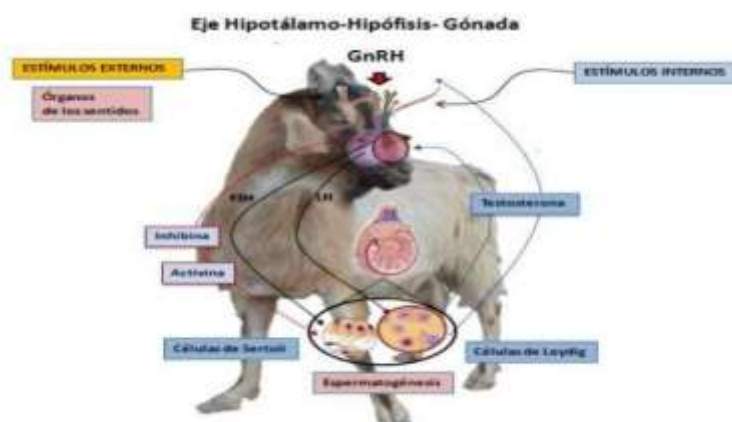


Figura 7. Control neuroendocrino, relación hipotálamo, hipófisis y gónada

Las tres estructuras que componen el eje se encuentran interrelacionadas de la siguiente manera, el hipotálamo actúa como un nexo entre el sistema nervioso y el endocrino, desempeñando un papel de regulador central, controla la actividad de la adenohipófisis mediante un sistema sanguíneo especializado conocido como sistema porta, a través de la liberación de hormonas reguladoras (Toribio, 2013).

1.5.3 Análisis para medir nivel de cortisol

Extracción de sangre, primero teniendo en cuenta la bioseguridad de las personas a tomar la muestra, se realiza a través de un muestreo sanguíneo realizando una venopunción en la yugular utilizando tubos vacutainer tapa roja (sin anticoagulante), realizando una pequeña presión en la base del cuello, esperando que se exponga la vena para inmediatamente tomar la muestra utilizando insumos y materiales nuevos, desechables y destinados para este fin (capuchón, tubos vacutainer tapa roja, agujas para vacutainer), inmediatamente se rotula con el número de arete del animal y la fecha, y se transporta en un cooler en refrigeración (2-8°C) hasta el laboratorio para su procesamiento (Meneses, 2015).

1.6 La reproducción de los pequeños rumiantes

1.6.1 La reproducción animal

La reproducción es un proceso que comienza con el desarrollo del sistema reproductivo en el embrión y continúa después del nacimiento, cuando el animal crece hasta alcanzar la pubertad, esta etapa incluye el comportamiento reproductivo y la copulación, tras lo cual se produce la fertilización y el desarrollo del embrión, que se implanta en el útero y crece hasta el nacimiento, momento en el que la hembra inicia la lactancia para asegurar la nutrición del recién nacido (Mancheno, 2022).

1.6.2 Particularidades fisiológicas de la reproducción caprina

Las cabras son animales poliéstricos estacionales, lo que indica que su actividad reproductiva se concentra en determinadas épocas del año y está regulada principalmente por el fotoperiodo, presentando ciclos estrales de aproximadamente veintiún días, los cuales solo se interrumpen por la gestación o por periodos de anestro, comprender estos eventos es fundamental, ya que este conocimiento permite implementar estrategias de manejo

reproductivo más eficientes y optimizar la productividad del rebaño (Balcazar and Porras, 2023).

1.6.3 Factor que influye en la actividad reproductiva del macho cabrío

El factor influyente principal es la estacionalidad reproductiva, la cual se ha evidenciado mediante la evaluación del aparato reproductor y la observación de los patrones de actividad sexual, durante el anestro estacional, los machos muestran una reducción en la actividad sexual y el estímulo reproductivo, lo que limita la reproducción natural (Rodriguez , *et al.*, 2011).

La exposición de machos sexualmente activos a hembras prepúberes o adultas permite sincronizar la actividad sexual, ya sea durante el anestro estacional o por efectos de la lactancia, lo que resalta la importancia de estas estrategias para optimizar el manejo reproductivo y mejorar la eficiencia productiva del rebaño (Estrada and Fuentes, 2014).

1.6.4 Hormonas sexuales del macho caprino

En las cabras, la disminución de las horas de luz durante el otoño incrementa la secreción de melatonina, lo que estimula la liberación de GnRH desde el hipotálamo, esto activa la secreción de LH y FSH por la hipófisis anterior, promoviendo el crecimiento folicular y la activación del eje hipotalámico-hipofisario-gonadal (Lynn, 2021).

La hormona foliculoestimulante y la hormona luteinizante son esenciales para la regulación de la función reproductiva en los machos, la FSH interviene principalmente en la espermatogénesis, estimulando el desarrollo y la maduración de los espermatogonios, por su parte, la LH actúa a nivel de las células de Leydig en el testículo, promoviendo la producción de andrógenos, principalmente testosterona, los cuales son necesarios para mantener la actividad testicular y asegurar la producción eficiente de gametos masculinos (Cueto, *et al.*, 2017).

De manera complementaria, la testosterona generada en respuesta a la LH no solo es crucial para la maduración de los espermatozoides, sino que también regula el deseo sexual y modula el comportamiento sexual de los machos, esta interacción hormonal asegura que la función reproductiva esté coordinada y sincronizada, permitiendo que los machos presenten

una actividad sexual adecuada durante la temporada reproductiva y optimizando la fertilidad del rebaño (Cheminau, et al., 2025).

1.6.5 Mantenimiento de caracteres sexuales secundarios

1.6.5.1 Factores que afectan la variación plasmática

La variación plasmática hormonal en machos caprinos está influenciada por diversos factores fisiológicos y ambientales, entre ellos, la nutrición ya que incide directamente en la producción y calidad del semen, mientras que el fotoperiodo regula la estacionalidad reproductiva, la edad y la raza determinan la aparición de la pubertad y las características reproductivas, también el estado sanitario y el manejo repercute en la fertilidad, y la temperatura ambiental puede afectar negativamente la calidad espermática (Lynn, 2021).

1.6.5.2 Efectos de la temperatura, humedad y nutrición

La reproducción de los machos caprinos está influenciada por la temperatura, la humedad y la nutrición, el estrés térmico causado por altas temperaturas y humedad elevada puede reducir la producción de testosterona, afectar la calidad del semen y disminuir la fertilidad, una alimentación balanceada es clave para mantener la función hormonal y el peso corporal óptimo, en conjunto, la interacción entre ambiente y nutrición determina el desempeño reproductivo de los machos (Taïpe, 2024).

1.6.5.3 Estrategias de manejo para optimizar la actividad reproductiva

La actividad reproductiva de los machos caprinos puede optimizarse mediante estrategias de manejo enfocadas en el control ambiental y la selección de reproductores, el control del fotoperiodo mediante luz artificial permite sincronizar la actividad sexual con los periodos más favorables del año, mejorando la producción de testosterona y la calidad del semen la sincronización reproductiva de las hembras junto con la selección de machos con buen desempeño y estado corporal adecuado garantiza una mayor eficiencia (Duhenas , et al., 2020).

1.6.5.4 Importancia del control de variables ambientales y fisiológicas

Conservar un ambiente apropiado facilita la sincronización de la actividad reproductiva con las estaciones más propicias del año, reduciendo así los periodos de baja fertilidad, del mismo modo, la supervisión de las condiciones fisiológicas tanto como el peso corporal, la edad y el balance hormonal nos garantiza que el macho caprino mantenga un desempeño reproductivo adecuado, en conjunto, la gestión de estos elementos favorece una mejor calidad del semen, incrementando la eficiencia de la fertilización (García and Zeledón, 2020).

1.6.6 Mecanismos de retroalimentación hormonal

La regulación de la función reproductiva depende de un mecanismo que equilibra la producción y liberación de las hormonas involucradas en la espermatogénesis y en el comportamiento sexual, siendo este sistema el que permite que la actividad reproductiva se sincronice con las condiciones ambientales, especialmente con la duración del fotoperiodo, característica fundamental en especies de reproducción estacional. (Herrera, 2009).

Durante la retroalimentación negativa, los altos niveles de testosterona, producida por las células de Leydig en respuesta a la LH, inhiben la liberación de GnRH desde el hipotálamo, lo que a su vez disminuye la secreción de LH y FSH por parte de la hipófisis, este proceso actúa como un regulador natural que evita la sobreproducción de testosterona y mantiene la estabilidad del sistema endocrino (Cheminau, et al., 2025).

En contraste, la retroalimentación positiva se presenta cuando la concentración de testosterona disminuye, lo que estimula nuevamente la liberación de GnRH, generando un aumento en la secreción de LH y FSH desempeñando un papel esencial en la producción y maduración de los espermatozoides, además de sostener la libido y la conducta reproductiva del macho durante la temporada de apareamiento (Obregon and Torres, 2012).

1.6.7 Conducta sexual y libido

La reproducción se encuentra estrechamente ligada a una serie de conductas sexuales que facilitan la localización y estimulación de las hembras en estro, el olfato juega un papel fundamental, ya que los machos perciben señales químicas al olfatear la orina y el área genital de la hembra, permitiéndoles identificar su receptividad, asimismo, realizan el auto marcaje,

frotándose la cara y la barba con su propia orina para potenciar su olor y usarlo como señal de atracción (Torretta, et al., 2017).

Otra conducta característica es el flehmen, que consiste en levantar el labio superior y mantener la boca abierta, facilitando que los olores no volátiles lleguen al órgano vomeronasal para su análisis, los machos muestran manoteos, topeteos y montas, reflejando su interés sexual y preparación para la copulación, finalmente, las vocalizaciones, como los balidos, complementan estas conductas (Espinosa, et al., 2013).

1.7 Protocolo de medición del escroto en machos cabríos

1.7.1 Preparación y sujeción

- Asegurarse que el animal este en un área de manejo segura antes de comenzar, ya que los animales pueden ser impredecibles.
- Inspeccionar visualmente el prepucio, el pene y el escroto buscando lesiones, hinchazón o anomalías.

1.7.2 Medición de la circunferencia escrotal

- Localizar el escroto, palpar el escroto y localizar su punto más ancho.
- Usar una cinta métrica, colocar la cinta métrica alrededor del escroto, pasando por los testículos, en su parte más ancha.
- Tomar la medida, anotar la medida en centímetros, la circunferencia escrotal es un buen indicador de la masa testicular y la producción de esperma.

1.7.3 Registro e interpretación

- Anotar los resultados, registrar todas las mediciones
- Comparar con estándares, la circunferencia escrotal mínima puede variar según la raza y la edad, por ejemplo, para razas de más de 40 kg, se recomienda una circunferencia de al menos 25 cm.
- Monitorear a lo largo del tiempo, la circunferencia escrotal se correlaciona con la fertilidad y la producción de semen, por lo que medirla regularmente ayuda a monitorear la aptitud reproductiva del macho (Solís and Fuentes, 2014).

1.8 Desarrollo testicular y espermatogénesis

Los testículos son los órganos sexuales primarios en los machos caprinos y cumplen dos funciones fundamentales la producción de gametos y la síntesis de hormonas sexuales, debido a la naturaleza estacional de la reproducción en esta especie, el tamaño testicular presenta variaciones a lo largo del año, alcanzando su máximo desarrollo en la mitad de la temporada reproductiva, lo que se relaciona directamente con su capacidad para generar espermatozoides y mantener la fertilidad (Cervantes, 2020).

1.9 Análisis de características espermáticas

Las características espermáticas se evalúan inmediatamente después de la recolección del eyaculado, mediante análisis macroscópico y microscópico, en la evaluación macroscópica se determina el volumen, color, olor, consistencia y pH del semen registrándose directamente en el tubo colector graduado; el color, olor y consistencia son evaluados mediante inspección visual y apreciación organoléptica, el pH seminal se determina utilizando tiras reactivas de pH, comparando el cambio de color con la escala proporcionada por el fabricante (Solis, 2022).

Posteriormente, se realiza la evaluación microscópica empleando un microscopio óptico y el sistema de análisis seminal AndroScope, el cual permite determinar la motilidad masal, motilidad individual progresiva y morfología espermática, todas las evaluaciones se efectúan siguiendo las recomendaciones del fabricante del equipo y bajo condiciones que garantizan la conservación de la viabilidad espermática durante el análisis (Leboeuf, et al., 2000).

1.10 Características espermáticas macroscópicas y microscópicas en machos

1.10.1 Características macroscópicas

Las características macroscópicas del semen caprino incluyen el volumen, la consistencia, el color y el pH. En condiciones normales, el volumen varía entre 0,5 y 2,0 mL, presenta una consistencia cremosa, color blanco lechoso a ligeramente amarillento y un pH entre 6,2 y 6,8, parámetros que permiten evaluar de manera general la calidad seminal (Lynn and Maryland, 2025).

1.10.2 Características microscópicas

Las características microscópicas del semen caprino incluyen la concentración espermática, la motilidad, la morfología y la viabilidad. En condiciones normales, la concentración oscila entre $2,0 \times 10^9$ y $5,0 \times 10^9$ espermatozoides/mL, la motilidad masal debe ser de 4 a 5, la motilidad individual progresiva superior al 70 %, la morfología normal mayor al 80 % y la viabilidad espermática también superior al 80 %, parámetros que reflejan el potencial reproductivo del macho (Dorado, et al., 2009).

1.10.3 Influencia del fotoperiodo sobre las características macroscópicas y microscópicas en machos cabríos

El fotoperiodo decreciente, caracterizado por días más cortos, favorece la producción de eyaculados de mayor volumen, con elevada concentración espermática, mejor motilidad y mayor integridad estructural de los espermatozoides, en contraste, el fotoperiodo creciente, correspondiente a días más largos, induce un estado de menor actividad reproductiva o anestro estacional en los machos caprinos, lo que se refleja en eyaculados de menor concentración espermática, consistencia más acuosa (López García, et al., 2011).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

1.11 Caracterización del área de estudio

La investigación se llevó a cabo en la provincia de Santa Elena, comuna Río Verde, centro de apoyo Río Verde, perteneciente a la Universidad Estatal Península e Santa Elena, zona caracterizada por un clima tropical húmedo, con temperaturas que oscilan entre 20 y 25 °C. El área presenta suelos de naturaleza salina y una humedad relativa aproximada del 85 %. Geográficamente, el sitio se localiza a una latitud de 2°18'17" S, longitud de 80°41'47" W y una altitud de 53 msnm.



Figura 8. Ubicación del experimento

1.12 Materiales, equipos y reactivos

1.12.1 Material biológico

12 cabras machos de edad de 18 meses (Biotipo 1, conformado por seis machos cabríos criollos, y Biotipo 2, integrado por seis machos cabríos especializados), en dónde cada uno representa una unidad experimental.

1.12.2 Material de campo para colecta de muestras

Guantes de manejo, overol de trabajo, tubos vacutainer tapa roja (sin anticoagulante), agujas para vacutainer, capuchón, tubos eppendorf 2ml, pipetas Pasteur, rotulador, registros.

1.12.3 Material de laboratorio

Guantes de manejo, tubos de ensayo 10ml, tubos eppendorf, pipetas Pasteur, micropipeta 10 – 100ul, puntas de micropipetas, agua destilada, registros.

1.12.4 Equipos de laboratorio: Centrífuga, equipo BIOELAB-100P.

1.13 Tipo de investigación

La presente propuesta de investigación es de tipo cuantitativo, experimental y explicativo:

- **Cuantitativo**, ya que se sustenta en la recolección y análisis de datos numéricos, específicamente los niveles plasmáticos de cortisol, con el propósito de comprobar hipótesis planteadas mediante procedimientos estadísticos que permiten establecer relaciones objetivas entre las variables estudiadas, este enfoque busca la medición precisa de los fenómenos biológicos observados, garantizando la validez y confiabilidad de los resultados (Castillero, 2017).
- **Experimental**, ya que se realiza una intervención controlada mediante la exposición de machos caprinos a diferentes periodos de luz y oscuridad, con el objetivo de analizar los efectos del fotoperiodo sobre la concentración plasmática de cortisol, este diseño permite manipular la variable independiente y observar los cambios en la variable dependiente, comparando los resultados con un grupo control y estableciendo relaciones causales directas entre ambas variables (Grajales, 2020).
- **Explicativo**, ya que busca analizar y dar cuenta de cómo la variación del fotoperiodo influye en la concentración plasmática de cortisol en machos caprinos, permitiendo identificar relaciones de causa y efecto entre las variables estudiadas, proporcionando un marco teórico y práctico para comprender los mecanismos biológicos que regulan la actividad reproductiva y la secreción hormonal en respuesta a estímulos ambientales (Arias, 2022).

1.14 Diseño de investigación

1.14.1 Diseño experimental

FACTOR A: Biotipos caprinos

Biotipo 1 (machos cabríos criollos), 6 animales.

Biotipo 2 (machos cabríos especializados), 6 animales.

FACTOR B: Fotoperiodos

Fotoperiodo 1, luz natural, biotipo 1 (machos cabríos criollos).

Fotoperiodo 2, 16 horas de oscuridad y 8 horas de luz, biotipo 2 (machos cabríos especializados)

Se trabajó con un total de 12 machos cabríos, distribuidos equitativamente en dos biotipos: criollo y especializado, cada biotipo estará conformado por seis animales, de los cuales tres serán sometidos a un fotoperiodo natural y los tres restantes a un fotoperiodo controlado.

- **Diseño experimental:** Experimental, ya que el estudio buscó establecer la relación entre los niveles de cortisol en dependencia al fotoperiodo en machos cabríos de diferentes biotipos en el Centro de Apoyo Rio Verde.
- **Alcance explicativo:** La investigación tuvo un alcance explicativo porque buscó determinar el efecto del fotoperiodo sobre los parámetros del análisis seminal y los niveles de cortisol en machos cabríos de diferentes biotipos, permitiendo explicar la relación de causa y efecto entre la variable independiente (fotoperiodo) y las variables dependientes evaluadas.

La Tabla 2 muestra el esquema del análisis de varianza utilizado para el procesamiento de la información generada durante el experimento. Mediante este análisis se evaluó el efecto del biotipo caprino y del fotoperiodo sobre las variables de estudio, así como la interacción entre ambos factores, facilitando la interpretación de los resultados obtenidos.

Tabla 2. Esquema del análisis de varianza

Fuente de Variación		Grados de libertad
Biotipo caprino (A)	a-1	1
Fotoperiodo (B)	b-1	1
A x B	(a - 1) (b - 1)	1
Error	ab (r - 1)	8
Total	N-1	11

- **Duración del tratamiento:** 60 días.
- **Muestreo:** Se realizaron cinco muestreos con un intervalo de 15 días (días 0, 15, 30, 45 y 60). Se recolectaron muestras de sangre para la determinación de cortisol plasmático y muestras de semen para el análisis seminal; adicionalmente, se efectuó la medición de la circunferencia escrotal de los machos cabríos.

1.14.2 Tratamientos

Los Tratamientos se diferencian por la raza y por la variación de luz en los fotoperiodos como lo muestra la tabla 3:

Tabla 3. Tratamientos del experimento

Tratamiento	N.º de animales por tratamiento
T ₁ : biotipo criollo + fotoperiodo 1	3
T ₂ : biotipo criollo + fotoperiodo 2	3
T ₃ : biotipo de machos cabríos especializados + fotoperiodo 1	3
T ₄ : biotipo de machos cabríos especializados + fotoperiodo 2	3
Total	12

1.14.3 Croquis del experimento

BIOTIPO 1		BIOTIPO 2	
FOTOPERIODO NATURAL	FOTOPERIODO CONTROLADO	FOTOPERIODO NATURAL	FOTOPERIODO CONTROLADO
Luz natural	8h L – 16h O	Luz natural	8h L – 16h O
3 caprinos	3 caprinos	3 caprinos	3 caprinos

El experimento se desarrolló con un total de 12 machos cabríos distribuidos en dos biotipos (criollo y especializado), conformados por seis animales cada uno. En cada biotipo, tres machos fueron sometidos a un fotoperiodo natural (luz natural) y los tres restantes a un fotoperiodo controlado de 8 horas de luz y 16 horas de oscuridad.

1.15 Manejo del experimento

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el Centro de Apoyo Rio Verde, donde se ubicó las unidades experimentales en boxes individuales diseñados para garantizar el bienestar y manejo adecuado de los mismos. Se trabajó con un total de 12 machos cabríos, clínicamente sanos, con edades (18 meses edad) y condiciones corporales similares, los cuales fueron seleccionados y asignados a dos grupos experimentales de manera aleatoria, de acuerdo con su biotipo:

FACTOR A:

- Biotipo criollo
- Biotipo especializado

○ **FACTOR B:**

- Fotoperiodo 1 (Tratamientos) Total 3 machos cabríos: A este grupo se sometió a exposición a oscuridad de 16 horas de oscuridad y 8 horas luz.
- Fotoperiodo 2 (tratamientos) total 3 machos cabríos: A este grupo se sometió a exposición a luz natural.
- Fotoperiodo 1 (Tratamientos) total 3 machos cabríos especializados: A este grupo se someterá a la exposición de 16 horas oscuridad y 8 horas luz.

- Fotoperiodo 2 (Tratamientos) Total 3 machos cabríos especializados: A este grupo se someterá a exposición a luz natural.

El experimento contó con un total de 12 unidades experimentales representados de forma equitativa entre los grupos (A-B). Antes de iniciar el experimento, se llevó a cabo un periodo de adaptación de dos meses (enero y febrero de 2026), en el cual se acostumbró a los animales al manejo, a las instalaciones y al procedimiento de colecta seminal y muestreo sanguíneo.

Se aplicó un plan sanitario uniforme para todos los animales, que incluyo:

- Desparasitación interna y externa con albendazol e ivermectina al 1%.
- Vitaminización con vitaminas hidrosolubles y liposolubles.
- Mineralización con magnesio (Mg), selenio (Se) y fósforo (P).

Se utilizó pasto Zuri (*Panicum maximum*), forraje proveniente de los bancos establecidos en la Estación Agrostológica del Centro de Apoyo Río Verde. La ración se suministró a una tasa de consumo diario de 0.1 kg de materia seca por unidad de peso metabólico (PV0.75), asegurando un nivel de ingesta ajustado a los requerimientos fisiológicos de los ejemplares y coherente con las condiciones productivas de la región.

Para poder mantener un control sobre la oscuridad al que estuvieron sometidos únicamente los animales del grupo experimental, en los boxes en donde estuvieron los animales se procedió a poner cortinas oscuras móviles para garantizar la oscuridad en el lugar en donde estuvieron los mismos, para lo cual los animales estuvieron en oscuridad desde las 16h00 (se bajaron las cortinas) hasta las 08h00 (se subieron las cortinas) del siguiente día; y en cuanto al grupo control, se mantuvieron con la luz y oscuridad natural del día.

Paralelamente a la extracción sanguínea para el análisis de cortisol, se realizó la morfología testicular y el análisis seminal en suero sanguíneo se realizó en el Laboratorio de Biotecnología de la Reproducción Animal, inmediatamente se realizó la sistematización de datos y se procedió al análisis estadístico.

1.16 Parámetros evaluados

De acuerdo con los dos grupos de estudio establecido por la exposición a luz y oscuridad se evaluó:

1.16.1 Niveles de cortisol

Se realizó el análisis en el laboratorio de biotecnología de Reproducción animal. Extracción de sangre, primero teniendo en cuenta la bioseguridad de las personas a tomar la muestra, se realizó a través de un muestreo sanguíneo realizando una venopunción en la yugular utilizando tubos vacutainer tapa roja (sin anticoagulante), Se realizó una pequeña presión en la base del cuello, esperando que se exponga la vena e inmediatamente se tomó la muestra utilizando insumos y materiales nuevos, desechables y destinados para este fin (capuchón, tubos vacutainer tapa roja, agujas para vacutainer), inmediatamente se rotuló con el número de arete del animal y la fecha, y se transportó en un cooler en refrigeración (2-8°C) hasta el laboratorio para su procesamiento. Una vez en el laboratorio se centrifugaron los tubos vacutainer a 3500rpm por siete minutos para obtener el suero sanguíneo con la ayuda de pipetas Pasteur en tubos eppendorf (2 ml aproximadamente) para su análisis. Se debe realizar inmediatamente el procesamiento de la muestra para evitar la degradación hormonal.

1.16.2 Morfología testicular

La circunferencia escrotal se determinó mediante el uso de una cinta métrica. Previamente, el macho cabrío fue inmovilizado adecuadamente y se realizó una inspección visual del área genital para verificar la ausencia de lesiones o alteraciones. Posteriormente, se palpó el escroto para identificar su punto de mayor diámetro y se colocó la cinta métrica alrededor de ambos testículos, registrando la medida en centímetros (cm). Los valores obtenidos se registraron para su posterior análisis e interpretación, considerando los estándares establecidos de acuerdo con la edad y el biotipo de los animales evaluados. Esta variable se empleó como indicador indirecto del desarrollo testicular, la aptitud reproductiva y el potencial de producción seminal de los machos cabríos.

1.16.3 Análisis espermáticos, macroscópicas y microscópicas en machos cabríos

Las características seminales fueron evaluadas inmediatamente después de la recolección del eyaculado mediante análisis macroscópico y microscópico. En la evaluación macroscópica se determinaron el volumen, color, olor, consistencia y pH del semen,

utilizando el tubo colector graduado, inspección visual y tiras reactivas de pH. Posteriormente, la evaluación microscópica se realizó mediante un microscopio óptico y el sistema de análisis seminal AndroScope, para determinar la motilidad masal, la motilidad individual progresiva y la morfología espermática, siguiendo las recomendaciones del fabricante y garantizando la viabilidad de las muestras durante el análisis.

1.17 Análisis de los resultados

Los datos obtenidos durante la investigación fueron organizados y analizados mediante estadística descriptiva, empleando medidas de tendencia central y de dispersión, como promedios y error estándar, con el propósito de describir el comportamiento de las variables evaluadas en los diferentes biotipos y fotoperiodos. Los resultados se presentan en tablas para facilitar su interpretación y comparación.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos durante la evaluación del efecto del fotoperiodo sobre la concentración de cortisol, la morfometría testicular y las características seminales en machos cabríos de biotipo criollo y especializado, los datos se organizan de acuerdo con los objetivos específicos de la investigación.

1.18 Fotoperiodo y cortisol en machos cabríos de diferentes biotipos

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio de cortisol en machos cabríos de biotipo criollo y especializado mantenidos bajo fotoperiodo natural, en ambos biotipos se observó un comportamiento similar durante el período de evaluación, caracterizado por concentraciones relativamente estables entre los días 0 y 30, un incremento en el día 45 y una disminución al día 60, además, el biotipo especializado presentó valores ligeramente superiores al criollo en la mayor parte de los muestreos, las concentraciones de cortisol oscilaron entre 18,25 y 33,12 nmol/L en el biotipo criollo y entre 20,27 y 36,43 nmol/L en el biotipo especializado.

Tabla 4. Concentración de cortisol (nmol/L) en machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (Luz natural)

Día (Toma de muestras)	Biotipo Criollo (nmol/l)	Biotipo especializado (nmol/l)
0	23.16	22.07
15	21.62	23.54
30	22.35	21.58
45	33.12	36.43
60	18.25	20.27

Los resultados obtenidos en el presente estudio coinciden con lo reportado por Botía et al. (2023), quienes señalan que el fotoperiodo constituye uno de los principales factores ambientales que regulan la actividad endocrina en los machos caprinos, influyendo sobre la secreción de cortisol como parte de los mecanismos de adaptación fisiológica. De manera similar, Odeón et al. (2022) indican que las variaciones en la concentración de cortisol reflejan respuestas normales frente a estímulos ambientales y de manejo, sin representar

necesariamente un estado de estrés permanente. Asimismo, Pelayo (2013) explica que la regulación del eje hipotálamo-hipófisis-adrenal permite que, tras un incremento temporal de cortisol, los animales recuperen progresivamente su equilibrio fisiológico. En este contexto, los resultados obtenidos en la presente investigación respaldan que, bajo fotoperiodo natural, los machos cabríos mantienen una adecuada regulación endocrina, presentando únicamente variaciones fisiológicas durante el período de evaluación.

En la Tabla 5 se presentan los valores promedio de cortisol en machos cabríos de biotipo criollo y especializado sometidos a fotoperiodo controlado. En ambos biotipos se observó una mayor concentración de cortisol al inicio del tratamiento, seguida de una disminución progresiva hasta el día 30, manteniéndose posteriormente con ligeras variaciones hasta el final del período experimental. Durante toda la evaluación, el biotipo especializado presentó concentraciones superiores respecto al biotipo criollo. Las concentraciones oscilaron entre 21,28 y 49,35 nmol/L en el biotipo criollo y entre 25,31 y 68,27 nmol/L en el biotipo especializado.

Tabla 5. Concentración de cortisol (nmol/L) en machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

Día (Toma de muestras)	Biotipo Criollo (nmol/l)	Biotipo especializado (nmol/l)
0	49.35	68.27
15	43.25	54.27
30	21.28	25.65
45	22.67	25.31
60	21.86	26.65

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Delgadillo et al. (2021), quienes señalan que la aplicación de fotoperiodos controlados constituye una estrategia de manejo capaz de modificar la respuesta fisiológica y reproductiva de los machos caprinos, favoreciendo su adaptación a nuevas condiciones lumínicas. Asimismo, Rodríguez et al. (2011) indican que la reducción de las horas de luz estimula procesos asociados con la estacionalidad reproductiva, mejorando la respuesta de los machos frente a los cambios

ambientales. En este sentido, los resultados obtenidos evidencian que el fotoperiodo controlado generó una respuesta fisiológica acorde con lo descrito por estos autores.

En la Tabla 6 se presentan los valores promedio de la concentración de cortisol del biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado, con el propósito de comparar el comportamiento de esta variable durante el período experimental. Se observa que, al inicio del mismo, los animales sometidos al fotoperiodo controlado presentaron concentraciones de cortisol superiores a las registradas bajo fotoperiodo natural. Posteriormente, las concentraciones de cortisol bajo fotoperiodo controlado disminuyeron progresivamente hasta aproximarse a los observados en condiciones naturales al finalizar la evaluación. Por su parte, bajo fotoperiodo natural las concentraciones permanecieron relativamente estables, presentando un incremento puntual de la concentración de cortisol en el día 45.

Tabla 6. Comportamiento de la concentración de cortisol (nmol/L) del biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado (luz natural), (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

Día	Fotoperiodo natural (nmol/L)	Fotoperiodo controlado (nmol/L)
0	23,16	49,35
15	21,62	43,25
30	22,35	21,28
45	33,12	22,67
60	18,25	21,86

Los resultados obtenidos en el biotipo criollo coinciden con lo señalado por Delgadillo et al. (2021), quienes manifiestan que la respuesta fisiológica de los machos caprinos frente a la modificación del fotoperiodo varía conforme los animales se adaptan a las nuevas condiciones de luz y oscuridad. De igual manera, Cervantes (2020) indica que la capacidad de adaptación de los caprinos a los cambios ambientales permite mantener el equilibrio fisiológico y reproductivo durante el periodo de evaluación. Estos antecedentes respaldan el comportamiento observado en el presente estudio para el biotipo criollo bajo ambos fotoperiodos.

En la Tabla 7 se presenta la comparación del comportamiento de la concentración de cortisol del biotipo especializado bajo ambos fotoperiodos. Se evidenció un patrón similar al observado en el biotipo criollo, con concentraciones de cortisol considerablemente más elevadas al inicio del fotoperiodo controlado y una disminución progresiva durante el período experimental. En contraste, bajo fotoperiodo natural las concentraciones se mantuvieron relativamente estables y presentaron un incremento transitorio en el día 45, correspondiente al valor más alto registrado durante la evaluación.

Tabla 7. Comportamiento de la concentración de cortisol (nmol/L) del biotipo especializado bajo fotoperiodo natural y controlado (luz natural), (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

Día	Fotoperiodo natural (nmol/L)	Fotoperiodo controlado (nmol/L)
0	22,07	68,27
15	23,54	54,27
30	21,58	25,65
45	36,43	25,31
60	20,27	26,65

Los resultados obtenidos en el biotipo especializado concuerdan con lo descrito por Rodríguez et al. (2011), quienes indican que los machos caprinos de aptitud especializada presentan una marcada sensibilidad a las variaciones del fotoperiodo, reflejándose en cambios fisiológicos relacionados con la actividad reproductiva. Asimismo, Delgadillo et al. (2021) señalan que la aplicación de fotoperiodos controlados permite modular la respuesta endocrina de los reproductores, favoreciendo su adaptación a diferentes condiciones ambientales. Estos antecedentes respaldan el comportamiento observado en el presente estudio para el biotipo especializado bajo ambos fotoperiodos.

1.19 Evaluación de la circunferencia escrotal en machos cabríos de diferentes biotipos

En la Tabla 8 se presentan los valores promedio de la circunferencia escrotal de los machos cabríos de biotipo criollo y especializado mantenidos bajo fotoperiodo natural durante los cinco muestreos realizados. En el biotipo criollo, la circunferencia escrotal mostró

un ligero incremento, pasando de $20,1 \pm 0,2$ cm en los dos primeros muestreos a $20,4 \pm 0,3$ cm en el quinto muestreo. Por su parte, el biotipo especializado presentó un incremento progresivo, con valores comprendidos entre $20,8 \pm 0,3$ cm y $21,3 \pm 0,4$ cm, manteniendo los mayores valores promedio durante todo el período de evaluación.

Tabla 8. Circunferencia escrotal (cm) de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (luz natural).

CIRCUNFERENCIA ESCROTAL	PROMEDIO + Error estándar (cm) Biotipo Caprino Criollo	PROMEDIO + Error estándar (cm) Biotipo Caprino especializado
Muestreo 1	$20.1 \pm 0,2$	$20.8 \pm 0,3$
Muestreo 2	$20.1 \pm 0,2$	$20.9 \pm 0,3$
Muestreo 3	$20.3 \pm 0,2$	$20.9 \pm 0,3$
Muestreo 4	$20.3 \pm 0,2$	$21.1 \pm 0,2$
Muestreo 5	$20.4 \pm 0,3$	$21.3 \pm 0,4$

Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Cervantes (2020), quien indica que la circunferencia escrotal constituye un importante indicador del desarrollo testicular y del potencial reproductivo de los machos caprinos, debido a su relación con la producción espermática. Asimismo, Lynn (2021) menciona que factores ambientales como el fotoperiodo pueden influir sobre la función reproductiva; sin embargo, cuando los animales se mantienen bajo condiciones de manejo adecuadas, es posible conservar parámetros reproductivos estables, lo que respalda los resultados obtenidos en la presente investigación.

En la Tabla 9 se presentan los valores promedio de la circunferencia escrotal de los machos cabríos de biotipo criollo y especializado sometidos a fotoperiodo controlado. En el biotipo criollo se registraron valores entre $20,2 \pm 0,2$ cm y $20,5 \pm 0,2$ cm durante los cinco muestreos, evidenciándose un incremento gradual. En el biotipo especializado, los valores oscilaron entre $21,1 \pm 0,2$ cm y $21,4 \pm 0,3$ cm, manteniendo valores promedio superiores durante todo el período experimental y mostrando una ligera tendencia al incremento conforme avanzó el período de evaluación.

Tabla 9. Circunferencia escrotal (cm) de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

CIRCUNFERENCIA ESCROTAL	PROMEDIO + Error estándar (cm) Biotipo Caprino Criollo	PROMEDIO + Error estándar (cm) Biotipo Caprino especializado
Muestreo 1	20.2 ± 0,2	21.1 ± 0,2
Muestreo 2	20.3 ± 0,2	21.1 ± 0,3
Muestreo 3	20.3 ± 0,2	21.3 ± 0,3
Muestreo 4	20.3 ± 0,2	21.4 ± 0,3
Muestreo 5	20.5 ± 0,2	21.4 ± 0,3

Los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por García y Zeledón (2020), quienes señalan que el control de las variables ambientales, entre ellas el fotoperiodo, contribuye a mantener un adecuado desempeño reproductivo en los machos caprinos. De igual manera, Duhenas et al. (2020) indican que la manipulación del fotoperiodo constituye una estrategia de manejo que favorece la actividad reproductiva y el mantenimiento de parámetros testiculares adecuados, lo que respalda los resultados observados en la presente investigación bajo condiciones de fotoperiodo controlado.

1.20 Efectos de los biotipos sobre los parámetros reproductivos de machos cabríos de diferentes biotipos

1.20.1 Análisis macroscópico y microscópico del semen de machos cabríos.

En la Tabla 10 se presentan los resultados correspondientes al análisis macroscópico del semen de los machos caprinos de los biotipos criollo y especializado mantenidos bajo condiciones de fotoperiodo natural. El volumen seminal promedio fue de 1,2 ± 2 mL en el biotipo criollo y de 1,5 ± 2 mL en el biotipo especializado. En ambos grupos, el semen presentó una coloración lechosa, sui géneris, ausencia de cuerpos extraños y un pH ligeramente ácido, registrándose valores promedio de 6,8 ± 2 en el biotipo criollo y de 6,9 ± 2 en el biotipo especializado. De manera general, las características macroscópicas evaluadas mostraron un comportamiento similar entre ambos biotipos bajo las condiciones de fotoperiodo natural.

Tabla 10. Características macroscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (luz natural).

VARIABLES	Biotipo caprino criollo	Biotipo caprino especializado
Volumen (ml)	1.2±2	1.5±2
Color	Lechoso	Lechoso
Olor	Sui géneris	Sui géneris
pH	6.8±2	6.9±2
Presencia de cuerpos extraños	No se evidencia	No se evidencia

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por López García et al. (2011), quienes señalan que las características macroscópicas del semen, como el volumen, color, olor y pH, constituyen indicadores fundamentales para evaluar la calidad seminal y el potencial reproductivo de los machos caprinos. Asimismo, Dorado et al. (2009) indican que estos parámetros pueden mantenerse dentro de los rangos fisiológicos cuando los animales presentan un adecuado estado sanitario, nutricional y de manejo, lo que respalda los hallazgos obtenidos en la presente investigación bajo condiciones de fotoperiodo natural.

En la Tabla 11 se presentan los resultados del análisis microscópico del semen de los machos cabríos mantenidos bajo fotoperiodo natural. El biotipo criollo registró una motilidad masal de 3,5, una motilidad individual del 80 % y una morfología espermática del 90 %. Por su parte, el biotipo especializado presentó una motilidad masal de 4, motilidad individual del 80 % y una morfología espermática del 93 %. En ambos biotipos no se evidenció la presencia de elementos diferentes a espermatozoides durante el análisis microscópico, observándose características seminales sin alteraciones aparentes.

Tabla 11. Características microscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo natural (Luz natural).

VARIABLES	Biotipo Caprino Criollo	Biotipo Caprino Boer
Motilidad masal	3.5 *	4
Motilidad individual (%)	80	80
Morfología (%)	90	93

VARIABLES	Biotipo Caprino Criollo	Biotipo Caprino Boer
Elementos diferentes a espermatozoides	No se evidencia	No se evidencia

*Vera and Ricarte (2009).

Los resultados obtenidos muestran que la motilidad masal fue valorada mediante un sistema de puntuación estandarizado de 1 a 5, empleado para evaluar la intensidad del movimiento colectivo de los espermatozoides en semen fresco, metodología descrita por (Vera and Ricarte (2009)). En este contexto, los valores registrados corresponden al promedio de las puntuaciones obtenidas durante la evaluación de los eyaculados. Estos resultados coinciden con lo reportado por Dorado et al. (2009), quienes señalan que la motilidad, el vigor y la morfología espermática constituyen parámetros esenciales para determinar la calidad seminal y la capacidad fecundante de los machos caprinos. Asimismo, López et al. (2011) indican que, cuando los reproductores se mantienen bajo adecuadas condiciones de manejo y bienestar, estas características tienden a conservarse dentro de los rangos fisiológicos, favoreciendo un óptimo desempeño reproductivo, lo que concuerda con los hallazgos obtenidos en la presente investigación.

En la Tabla 12 se presentan los resultados del análisis macroscópico del semen de los machos cabríos de biotipo criollo y especializado mantenidos bajo fotoperiodo controlado. En el biotipo criollo se registró un volumen seminal promedio de $1,3 \pm 2$ mL, mientras que en el biotipo especializado fue de $1,7 \pm 2$ mL. En cuanto al color, el semen del biotipo criollo presentó una coloración cremosa, mientras que en el biotipo especializado fue lechosa. En ambos biotipos se observó un olor sui géneris, ausencia de cuerpos extraños y valores de pH de $6,8 \pm 2$ y $7,0 \pm 2$ para los biotipos criollo y especializado, respectivamente. En general, las características macroscópicas evaluadas mostraron un comportamiento similar entre ambos biotipos bajo las condiciones de fotoperiodo controlado.

Tabla 12. Características macroscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

VARIABLES	Biotipo Caprino Criollo	Biotipo Caprino Boer
Volumen (ml)	1.3±2	1.7±2
Color	Cremoso	Lechoso
Olor	Sui géneris	Sui géneris
pH	6.8±2	7.0±2
Presencia de cuerpos extraños	No se evidencia	No se evidencia

Los resultados obtenidos concuerdan con lo reportado por Delgadillo et al. (2021), quienes señalan que la manipulación del fotoperiodo constituye una herramienta de manejo que favorece la actividad reproductiva de los machos caprinos, contribuyendo al mantenimiento de una adecuada calidad seminal. Asimismo, López García et al. (2011) indican que las características macroscópicas del semen reflejan el estado funcional del aparato reproductor, por lo que su conservación dentro de parámetros normales evidencia un adecuado desempeño reproductivo, respaldando los hallazgos obtenidos en la presente investigación.

La Tabla 13 presenta los resultados del análisis microscópico del semen de los machos caprinos sometidos a fotoperiodo controlado. En el biotipo criollo se registró una motilidad masal de 4, una motilidad individual del 90 % y una morfología espermática del 85 %. En el biotipo especializado registró una motilidad masal de 4, una motilidad individual del 90 % y una morfología espermática del 90 %. Asimismo, durante la evaluación microscópica no se detectó la presencia de elementos distintos a los espermatozoides en ninguno de los biotipos, asimismo, durante la evaluación microscópica no se detectó la presencia de elementos distintos a los espermatozoides en ninguno de los biotipos.

Tabla 13. Características microscópicas del semen de machos cabríos de biotipo criollo y especializado bajo fotoperiodo controlado (16 horas oscuridad y 8 horas luz).

VARIABLES	Criollo	Boer
Motilidad masal	4	4

VARIABLES	Criollo	Boer
Motilidad individual (%)	90	90
Morfología (%)	85	90
Elementos diferentes a espermatozoides	No se evidencia	No se evidencia

De manera complementaria, Hahn, et al., (2019) señalan que la motilidad espermática constituye uno de los principales indicadores de la calidad seminal en machos caprinos y que diversos factores, entre ellos la raza, la estación del año y las condiciones de manejo, pueden influir de forma evidente sobre este parámetro, en consecuencia, destacan la importancia de realizar una evaluación estandarizada del semen para obtener resultados confiables y comparables. Estos planteamientos respaldan los hallazgos del presente estudio, en el que los animales sometidos al fotoperiodo controlado presentaron un comportamiento favorable de la motilidad espermática, lo que sugiere que el manejo del fotoperiodo puede contribuir al mantenimiento de una adecuada calidad seminal.

1.21 Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado

En la tabla 14 se visualiza el cuadro comparativo del biotipo criollo, se observa que el cortisol presentó concentraciones más elevadas al inicio del fotoperiodo controlado, las cuales disminuyeron progresivamente hasta aproximarse a los valores registrados bajo fotoperiodo natural al finalizar el período experimental. En cuanto a la circunferencia escrotal, se evidenció un ligero incremento bajo ambos fotoperiodos, siendo ligeramente superior en los animales sometidos al fotoperiodo controlado. Respecto a las características seminales, el fotoperiodo controlado favoreció un mayor volumen seminal y una mejor motilidad individual de los espermatozoides, mientras que la morfología espermática mostró valores ligeramente inferiores en comparación con el fotoperiodo natural.

Tabla 14. Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo criollo bajo fotoperiodo natural y controlado

Variable	Fotoperiodo natural	Fotoperiodo controlado	Comportamiento observado
Cortisol	Concentraciones relativamente estables con incremento en el día 45.	Concentraciones iniciales elevadas que disminuyeron progresivamente hasta estabilizarse.	El fotoperiodo controlado indujo una respuesta fisiológica inicial seguida de adaptación.
Circunferencia escrotal	Incremento de 20,1 ± 0,2 a 20,4 ± 0,3 cm.	Incremento de 20,2 ± 0,2 a 20,5 ± 0,2 cm.	Se observó un ligero aumento bajo ambos fotoperiodos, con valores ligeramente superiores bajo fotoperiodo controlado.
Características seminales	Volumen promedio 1,2 mL, motilidad individual 80 %, morfología 90 %.	Volumen promedio 1,3 mL, motilidad individual 90 %, morfología 85 %.	El fotoperiodo controlado mejoró el volumen y la motilidad espermatocitaria, aunque la morfología fue ligeramente menor.

Los resultados del cuadro comparativo del biotipo criollo evidencian que el fotoperiodo controlado generó una respuesta fisiológica inicial reflejada en mayores concentraciones de cortisol, las cuales disminuyeron progresivamente conforme avanzó el período experimental, lo que sugiere un proceso de adaptación de los animales al régimen lumínico establecido. Paralelamente, la circunferencia escrotal presentó un ligero incremento bajo ambos fotoperiodos, mientras que las características seminales mostraron una mejora en el volumen del eyaculado y en la motilidad individual bajo fotoperiodo controlado, aunque con una leve disminución en la morfología espermática. Estos resultados coinciden con lo señalado por Delgadillo et al. (1995), quienes indican que la manipulación del fotoperiodo constituye una herramienta capaz de modular la actividad reproductiva del macho caprino, favoreciendo modificaciones graduales en la función endocrina y seminal sin comprometer su capacidad reproductiva.

En la tabla 15 se muestra el cuadro comparativo del biotipo especializado se aprecia que la concentración de cortisol fue mayor al inicio del fotoperiodo controlado y disminuyó progresivamente durante el período de evaluación, mientras que bajo fotoperiodo natural se mantuvo relativamente estable. La circunferencia escrotal presentó valores superiores durante toda la evaluación en comparación con el biotipo criollo, observándose un ligero

incremento bajo ambos fotoperiodos. En relación con las características seminales, el fotoperiodo controlado favoreció un mayor volumen seminal y una mejor motilidad individual, manteniéndose además una elevada calidad espermática en los machos especializados.

Tabla 15. Comparación del comportamiento de las variables reproductivas en el biotipo especializado bajo fotoperiodo natural y controlado

Variable	Fotoperiodo natural	Fotoperiodo controlado	Comportamiento observado
Cortisol	Valores relativamente estables con incremento en el día 45.	Concentraciones iniciales elevadas que disminuyeron progresivamente durante el experimento.	Se evidenció una respuesta fisiológica inicial con posterior adaptación al fotoperiodo controlado.
Circunferencia escrotal	Incremento de $20,8 \pm 0,3$ a $21,3 \pm 0,4$ cm.	Incremento de $21,1 \pm 0,2$ a $21,4 \pm 0,3$ cm.	El biotipo especializado presentó mayores valores de circunferencia escrotal durante toda la evaluación.
Características seminales	Volumen promedio 1,5 mL, motilidad individual 80 %, morfología 93 %.	Volumen promedio 1,7 mL, motilidad individual 90 %, morfología 90 %.	El fotoperiodo controlado favoreció el volumen y la motilidad espermática, manteniendo una alta calidad seminal.

Los resultados del cuadro comparativo del biotipo especializado evidencian que el fotoperiodo controlado produjo una respuesta fisiológica inicial, reflejada en mayores concentraciones de cortisol que disminuyeron progresivamente durante el período experimental, lo que indica un proceso de adaptación al régimen lumínico. Asimismo, la circunferencia escrotal presentó valores superiores bajo ambos fotoperiodos en comparación con el biotipo criollo, mientras que las características seminales mostraron un mayor volumen del eyaculado y una mejor motilidad individual bajo fotoperiodo controlado, conservando una elevada calidad seminal. En conjunto, estos resultados sugieren que la manipulación del fotoperiodo favoreció el mantenimiento de la actividad reproductiva de los machos caprinos, coincidiendo con lo señalado por Leboeuf, et al. (2000), quienes indican que el régimen lumínico constituye uno de los principales factores ambientales que regulan la función reproductiva y la calidad seminal en esta especie.

CAPITULO 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- La medición de la concentración de cortisol en machos cabríos de biotipo criollo y especializado permitió establecer que el fotoperiodo controlado produjo concentraciones más elevadas al inicio del período experimental, las cuales disminuyeron progresivamente hasta estabilizarse. En contraste, bajo fotoperiodo natural los niveles de cortisol presentaron un comportamiento más estable durante la evaluación, evidenciándose una respuesta fisiológica diferente frente a las condiciones de iluminación.
- Con respecto a la evaluación de la circunferencia escrotal, se concluye que esta variable presentó un comportamiento estable en ambos biotipos, observándose una ligera tendencia al incremento durante el período de estudio, lo que indica que el fotoperiodo no afectó negativamente el desarrollo testicular de los machos evaluados.
- En el análisis de las características espermáticas macroscópicas y microscópicas, se concluye que el volumen seminal, el aspecto físico del eyaculado, la motilidad y la morfología espermática se mantuvieron dentro de parámetros compatibles con una adecuada calidad seminal en ambos biotipos, observándose una respuesta favorable al fotoperiodo controlado sin comprometer el potencial reproductivo de los machos evaluados.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar programas de fotoperiodo controlado en sistemas de producción caprina destinados a la reproducción, considerando su influencia favorable sobre la actividad reproductiva y la calidad seminal de los machos cabríos.
- Se sugiere realizar el monitoreo periódico de la concentración de cortisol conjuntamente con la evaluación de la circunferencia escrotal y las características seminales, con el fin de contar con una valoración integral del estado reproductivo de los machos caprinos sometidos a diferentes condiciones de manejo.
- Se recomienda desarrollar futuras investigaciones que incluyan un mayor número de animales, diferentes biotipos y períodos de evaluación más prolongados,

incorporando además otras variables endocrinas y reproductivas que permitan ampliar el conocimiento sobre la influencia del fotoperiodo en la eficiencia reproductiva de los machos cabríos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arias, J. (2022). Tipos, alcances y diseños de investigacion. Disponible en: <https://blogs.ugto.mx/mdued/wp-content/uploads/sites/66/2022/10/Tipos-alcances-y-disenos-de-investigacion-paginas-66-79.pdf>

Arrebola, F. and Abecia, A. (2017) “Efectos de la estación del año y del fotoperiodo artificial sobre las características del semen y del plasma seminal en machos cabríos de dos razas mantenidas en un centro de recolección de semen”. *Veterinary World* , 10(5), pp. 521-525.

Balcazar, J. and Porras, A. (2023) Manejo reproductivo de ovinos y caprinos. Disponible en:

https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20Animal%20Ovinos%20y%20Caprinos.pdf

Boeta, M. (2022) Fisiologia reproductiva de los animales domesticos. Disponible en:

https://www.fmvz.unam.mx/fmvz/publicaciones/archivos/Fisiologia_Reproductiva.pdf

Borghi, C., Valenzuela, A. and Kin, M. (2019) Categorizacion de los mamiferos de Argentina. Disponible en: <https://cma.sarem.org.ar/es/especie-exotica/capra-aegagrus-hircus>

Botía, M. (2023) “Diferentes tipos de glucocorticoides para evaluar el estrés y el bienestar en animales y humanos: conceptos generales y ejemplos de uso combinado”. *Metabolites*, 13(1).

Castillero, O. (2017) Los 15 tipos de investigación. Disponible en: <https://psicologaiymente.com/miscelanea/tipos-de-investigacion>

Cervantes, J. (2020) Anatomía y fisiología básica del aparato reproductor en el caprino. Disponible en:

<https://amaltea.fmvz.unam.mx/ESCRITOS%20REPRO/Anatomia%20y%20Fisiologia%20Aparato%20Reproductor.pdf>

Cheminau, G., Baril, G. and Delgadillo, J., (2025) “Control hormonal de la reproducción en el caprino”, *Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 3(3).

Correa, L. M. and Fernandez, L. (2017) “Influencia de la Melatonina sobre la fisiología y la conducta de ungulados” *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(3).

Cueto, M., Gibbons, A. and Abad, M. (2017) Reproduccion en caprinos. Disponible en:

https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_caprina/inseminacion_transferencia_caprino/56-reproduccion.pdf

Delgadillo, J. (2021) El “efecto macho” y el “efecto macho sobre macho”. Disponible en:<https://orcid.org/0009-0005-1908-1415>, <https://orcid.org/0000-0002-0569-8888>, <https://orcid.org/0000-0002-0569-8888>.

Delgadillo, J., Hochereau, M., Daveau, U. and Chemineau, P. (1995) “Efecto de ciclos fotoperiódicos cortos sobre el tracto genital masculino y los parámetros testiculares en cabras macho (*Capra hircus*)”. *Reproduction Nutrition Development*, 35(5), pp. 549 - 558.

Dorado, J., Hidalgo, M., Muñoz, A. and Rodriguez, Y., (2009) “Evaluación de la criopreservabilidad del semen de cabra según las características de los espermatozoides de muestras frescas y congeladas”. *Ciencia de la reproducción animal*, 112(1 - 2), pp. 150 - 157.

Ducoing, A. (2020) Zootecnia de Caprinos. Disponible en:

https://fmvz.unam.mx/fmvz/p_estudios/apuntes_zoo/unidad_%205_zootecniadecaprinospdf

Duhenas, M., Toniollo, G., Zorzatto, J. and Bicudo, S. (2020) Cabras sincronizadas usando fotoperíodo artificial.

Disponible en:<https://www.redalyc.org/pdf/495/49519605.pdf>

Espinosa, R., Córdova, A. & Soto, R. (2013) “Comportamiento sexual en ovinos y caprinos”. *Sociedades rurales producción y medio ambiente*, 13(26).

García, A. and Zeledón, Y. (2020) Manual de manejo y técnicas reproductivas de la especie caprina. Disponible en:<https://repositorio.una.edu.ni/4336/1/tnl53g216.pdf>

Gatica, M., Celi, I., Guzman, J. and Zarazaga, L. (2012) “Utilización de fotoperíodo e implantes de melatonina para el control de la reproducción en caprinos”, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 13(10), pp. 1-15.

Gonzales, K. (2022) *Raza Caprina Alpina Francesa*. Disponible en: <https://zoovetesmipasion.com/cabras/razas-de-cabra/raza-caprina-alpina-francesa>

Grajales, T. (2020) Tipos de investigacion. Disponible en: <https://cmapspublic2.ihmc.us/rid%3D1RM1F0L42-VZ46F4-319H/871.pdf>

Hahn, K., Klaus , F. and Wehrend , A. (2019) “Efecto de la temperatura y el tiempo transcurrido después de la recolección sobre la calidad del espermatozoides de los machos cabríos”. *BMC Veterinary*, Volumen 15.

Hernandez , H. (2020) Los días largos artificiales incrementan la producción de leche y modifican su calidad en cabras del subtrópicomexicano que paren en otoño. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_caprina/leche_caprina/80-heranandez.pdf

Herrera, C. (2009) “Mecanismos reguladores de la pubertad en la cabra”, *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 9(1), pp. 29-38.

Johansson, A. (2008) Daily and Seasonal Rhythms of Melatonin, Cortisol, Leptin, Free Fatty Acids and Glycerol in Goats. Disponible en: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/fdfd9c5f-cfd2-4698-8771-fdcecf68743c/content>

Leboeuf, B., Restall, B., and Salamon, S. (2000). “Production and storage of goat semen for artificial insemination”. *Animal Reproduction Science*, 62(1–3), 113–141.

León, H. (2023) Caracterización de los caprinos criollos y los sistemas productivos del litoral ecuatoriano, Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/6b09073a-2375-4546-99dc-3a3fff1f83db/content>

Lima, P. (2021) Estimulación de la testosterona plasmática de los machos cabrios foto-estimulados en condiciones extensivas utilizando un sistema de energía fotovoltaica. Disponible en:

<http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47377/JOS%C3%89%20PABLO%20LIMA%20RAMOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=anterior%20demuestra%20que%20el%20fotoperiodo%20es%20un,las%20razas%20originarias%20de%20las%20zonas%20templadas>

López, J. (2011) La interacción de un macho cabrío sexualmente activo con un tratamiento fotoperiódico reduce la estacionalidad en cabras anéstricas. Disponible en: <https://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/machoCabrio.pdf>

Lynn, J. and Maryland, V. (2025) Examen de aptitud reproductiva en cabras. Disponible en: <https://www.msdivetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-cabras/examen-de-aptitud-reproductiva-en-cabras>

Lynn, J. (2021) Pubertad y estró en cabras. Disponible en: <https://www.msdivetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/manejo-de-la-reproducci%C3%B3n-cabras/pubertad-y-estro-en-cabras>

Mancheno, A. (2022) “Principios de Fisiología Reproductiva Animal”, *Primera ed. Riobamba: La caracola*.

Martínez, R., Torres, G. & Martínez, S. (2014) “Caracterización fenotípica, productiva y reproductiva de la cabra blanca Criolla del Filo Mayor de la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero”, *Nova scientia*, 6(11).

Meneses, R. (2015) SISTEMA DE PRODUCCIÓN CAPRINA. Disponible en: <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/6e007b78-c6b6-4b92-80cc-c29668e4f4c2/content>

Obregon, E. and Torres, L. (2012) “Reproducción Estacional en el Macho”, *International Journal of Morphology*, 30(4).

Odeon, M. (2022) “Niveles de cortisol en fibra de Mohair: una evaluación retrospectiva de estrés en cabras Angora” *La Plata: Asociación Argentina de Producción Animal*.

Orus, A. (2025) Producción mundial de carne de caprino 2012-2023. Disponible en: <https://es.statista.com/estadisticas/525875/produccion-mundial-de-carne-de-caprino/>

Pavon, C. and Sherman, D. (2019) Producción caprina sostenible: algunas perspectivas globales.

Disponible en:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0921448809003010>

Pelayo , B. (2013) Estudio de la conducta social en machos cabrios jóvenes en estabulación.

Disponible en:

<https://tesiunamdocumentos.dgb.unam.mx/ptd2013/agosto/0699038/0699038.pdf>

Reyes, E. (2015) Caracterización de los sistemas de producción caprina de la parroquia Manglaralto, provincia Santa Elena.

Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/items/f32a96a7-ae4a-4c02-a5e5-91e2f1bff945>

Rodriguez , H. (2011) “ El estímulo del macho cabrío incrementa la función reproductiva de las cabras criollas del semidesierto mexicano independientemente del régimen de fotoperiodo”, Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 17(spe).

Rojas, A. and Menesses, R. (2010) Características de la raza Boer.

Disponible en:<https://biblioteca.inia.cl/items/13169a2d-d69a-44f6-9e75-b8b96001b75e>

Šimunec, F. (2026) “El cortisol como biomarcador de estrés: una revisión de los métodos de muestreo en pequeños rumiantes”. *Revista Veterinaria Croata*, 57(3), pp. 279-287.

Solís, P, and Fuentes, J. (2014) Manejo reproductivo de la cabra. Disponible

en:https://www.produccionanimal.com.ar/produccion_caprina/inseminacion_transferencia_caprino/43-Manejo_Reproductivo.pdf

Solis, K. (2022) Evaluación de la calidad seminal en (*capra aegagrus hircus*) de la comuna colonche en los traspastos de la zona rural de la provincia de Santa Elena. Disponible en:

<https://repositorio.upse.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d75f90b5-8943-4042-bf3f-88962547e02d/content>

Taipe, V. (2024) Producción caprina.

Disponible en:<https://es.slidLeshare.net/slideshow/produccion-caprina-en-el-ecuador-y-el-mundo-68917846/68917846>

Thomas, V., and Ricarte, A. (2009) Guía para la evaluación del semen de caprinos. Aporte de algunas metodologías para la evaluación de la calidad seminal de reproductores machos caprinos. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/298070056_GUIA_PARA_LA_EVALUACION_DEL_SEMEN_DE_CAPRINOS_APORTE_DE_ALGUNAS_METODOLOGIAS_PARA_

LA_EVALUACION_DE_LA_CALIDAD_SEMINAL_DE_REPRODUCTORES_MACHOS_CAPRINOS_Cartilla_de_divulgacion

Toribio, L. (2013) Compendio sobre reproduccion animal.

Disponible en:<https://cenida.una.edu.ni/textos/nl53t683c.pdf>

Torretta, M., Alanís, G. and Flores, L. (2017) “Caracterización del comportamiento reproductivo de machos cabríos mestizos Criollo x Anglo Nubian en la región sur de Córdoba, Argentina. i. desencadenamiento de la pubertad”, *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(10), pp. 1-17.

Vázquez, A. (2024) Magazine Fitosanitaria,

Disponible en:<https://holaagro.umffaac.org.mx/boer-el-todoterreno-de-los-caprinos/>

Vera, C. J. (2022) Sistemas de producción caprina tradicional en las zonas rurales de la parroquia colonche del cantón Santa Elena, Ecuador.

Disponible en:<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/96d77892-b2b8-47e0-b7ca-eee9fcf4441a/content>

ANEXOS



Figura A 2. Limpieza de instalaciones



Figura A 1. Acondicionamiento de instalaciones



Figura A 3. Muestras recolectadas



Figura A 4. Limpieza de comederos



Figura A 6. Toma de muestra sanguínea



Figura A 5. Curación de herida en caprino

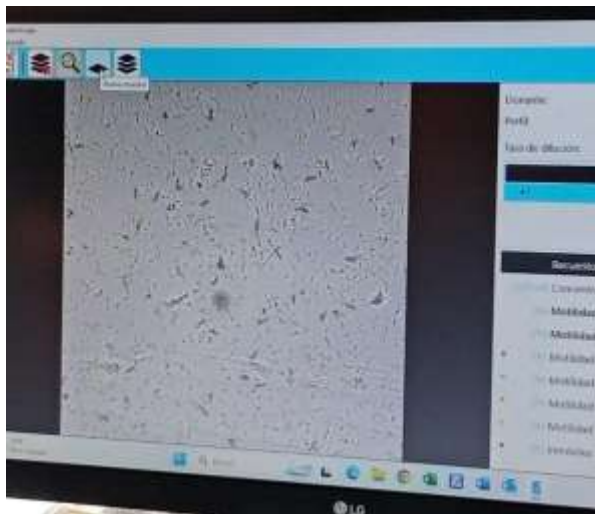


Figura A 8. Análisis computarizado de semen



Figura A 7. Equipo de análisis computarizado de semen



Figura A 9. Kit del sistema CASA Minitube utilizado para el análisis seminal.