

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL



Influencia del sistema de producción sobre las características seminales en machos caprinos

Por:

Montserrat Guadalupe García Núñez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Influencia del sistema de producción sobre las características seminales en machos caprinos

Por:

Montserrat Guadalupe García Núñez

TESIS

Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:



Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Presidente



M.C. Gerardo Arellano Rodríguez
Vocal



Dra. Irene Concepción Chavarría Neri
Vocal externo



Dra. Jessica María Flores Salas
Vocal suplente



M.V.Z. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia



COORDINACIÓN DE LA
DIVISIÓN REGIONAL
DE CIENCIA ANIMAL

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL

Influencia del sistema de producción sobre las características seminales en machos caprinos

Por:

Montserrat Guadalupe García Núñez

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



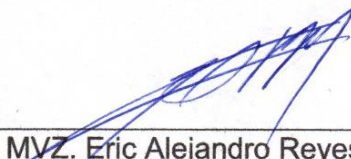
Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino
Asesor Principal



M.C. Gerardo Arellano Rodríguez
Coasesor



Dra. Irene Concepción Chavarria Neri
Asesor principal externo



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Agraria Unidad Laguna por brindarme los recursos y herramientas para culminar mi etapa profesional.

A mi asesor de Tesis, el Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino por su paciencia dándome la oportunidad de trabajar en este proyecto y brindándome sus conocimientos para poner esta investigación en práctica.

Al MC. Fortunato Nava Joachin por ayudarme con mis dudas en el proyecto.

A mis padres, Alejandro García Jiménez y Maricela Núñez Galdamez por ser el gran pilar de mi vida. Su esfuerzo, confianza y sacrificio que me permitieron llegar a esta meta, gracias por el amor, consejos y valores que me dieron y por el trabajo que hacen día con día para salir adelante y apoyarme en cada decisión tomada.

A Dios por las bendiciones y salud que me ha otorgado en mi vida, ayudándome y acompañándome en cada momento, guiándome para lograr mis metas.

A mis maestros por ayudarme a culminar esta etapa con sus consejos y enseñanzas.

A mis amigas Paloma, Natali, Lucy, Kenia y Susana por todos los momentos que pasamos juntas y por su apoyo que me brindaron durante esta etapa de mi vida.

A todas las personas que de forma directa o indirecta aportaron algo en mi formación profesional.

DEDICATORIA

A mis padres Alejandro García Jiménez y Maricela Núñez Galdámez que han sido mi mayor ejemplo de lucha y perseverancia, gracias por creer en mí siempre, y por sus sacrificios apoyándome siempre y por cada consejo que me dieron con amor y sabiduría, guiándome en mis momentos más vulnerables.

Este trabajo significa no solo mi esfuerzo si no también el reflejo de su dedicación, confianza y fe en mí. Les debo a ustedes lo que soy y lo que eh logrado.

A mis abuelos que me ayudaron a confiar en mi proceso estando orgullosos de mi en cada momento.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
INDICE GENERAL	iii
LISTA DE CUADROS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	vi
RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Hipótesis.....	2
1.2 Objetivo general	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	2
2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho caprino.....	2
2.1.1. Testículos.....	3
2.1.2 Epidídimo	3
2.1.3 Conductos deferentes	3
2.1.4 Escroto	4
2.1.5 Cordón espermático	4
2.1.6 Glándulas sexuales accesorias	4
2.1.7 Uretra	4
2.1.8 Pene.....	5
2.1.9 Prepucio.....	5
2.2 Espermatogénesis	5
2.3 Factores que influyen en la calidad seminal.....	8
2.3.1. Sistemas de producción	8
2.3.2. Fotoperiodo y estacionalidad reproductiva.....	9
2.3.3. Edad	10
2.3.4. Examen reproductivo	11
III. MATERIALES Y METODOS.....	14
3.1. Lugar del estudio y animales experimentales.....	14
3.2. Diseño del estudio	14

3.3. Evaluación de la calidad seminal	15
3.4. Análisis estadístico	16
IV. RESULTADOS	17
V. DISCUSIÓN	20
VI. CONCLUSIONES	22
VII. REFERENCIAS.....	23

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Valores de referencia del eyaculado en machos caprinos	13
Cuadro 2 Parámetros espermáticos obtenidos de los machos caprinos de los diferentes sistemas de producción en la Comarca Lagunera durante la estación reproductiva	17
Cuadro 3 Correlaciones entre las variables morfológicas y espermáticas de los machos caprinos de la Comarca Lagunera.	19

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama del aparato reproductor del macho caprino (Verma et al., 2025).	2
Figura 2 Fase espermatogónica (Aparicio et al., 2024).	6
Figura 3 Formación de los espermatozoides a partir de Meiosis I hasta la diferenciación (Aparicio et al., 2024).	7
Figura 4 Regulación hormonal de la producción de los espermatozoides (Aparicio et al., 2024).	8

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el efecto del sistema de producción sobre la calidad seminal de machos caprinos en la Comarca Lagunera. Se utilizaron 56 machos caprinos pertenecientes a distintos sistemas de producción: Intensivo ($n= 22$), semiextensivo ($n= 17$) y extensivo ($n=17$), de los cuales se registró edad, peso vivo, condición corporal, olor, circunferencia escrotal, latencia a la eyaculación, así como el volumen del eyaculado, la concentración espermática, motilidad en masa e individual, la viabilidad, HOST e integridad del acrosoma. La recolección de semen se realizó mediante el uso de vagina artificial, y las muestras fueron evaluadas inmediatamente. El análisis estadístico se llevó a cabo mediante modelos lineales generalizados y correlación entre las variables, considerando un nivel de significancia de $P<0.05$. No hubo diferencias significativas entre los sistemas de producción. Sin embargo, se observaron correlaciones relevantes entre variables morfométricas y seminales. La edad mostró una correlación positiva con el peso y el volumen seminal y negativa con la condición corporal. El peso vivo se correlacionó positivamente con la circunferencia escrotal, la concentración espermática y la integridad del acrosoma; y negativamente con la viabilidad y el HOST. La condición corporal tuvo una correlación positiva con la concentración espermática y negativa con la latencia, el volumen y la viabilidad ($P<0.05$). El volumen seminal tuvo correlación positiva con el HOST y negativa con la concentración espermática y la motilidad en masa ($P<0.05$). Finalmente, la concentración espermática mostro una correlación altamente positiva con la motilidad en masa e individual y el acrosoma. En conclusión, el sistema de producción no influyó significativamente en la calidad seminal de los machos caprinos en la Comarca Lagunera. No obstante, se observaron correlaciones entre algunas de las variables evaluadas.

Palabras clave: Reproducción, Estacionalidad, Espermatozoide, Caprinos, Evaluación

I. INTRODUCCIÓN

En México, la producción caprina constituye una actividad de gran importancia económica particularmente en zonas áridas y semiáridas como la Comarca Lagunera, donde representa una fuente relevante económica para los productores, de escasos recursos. Uno de los principales factores que afectan en la productividad en los sistemas de producción es la baja eficiencia reproductiva (Mellado, 2008). Dentro de este proceso, la calidad seminal de los machos caprinos desempeña un papel fundamental, ya que influye directamente en los parámetros reproductivos (Escareño et al., 2011).

La evaluación de la calidad de semen permite identificar sementales con mayor desempeño reproductivo, siendo así variables como la concentración espermática, motilidad, viabilidad y la integridad del acrosoma que estas son consideradas fundamentales para la capacidad fecundante del macho (Cadena-Villegas et al 2021). Es por ello que determinar los factores que influyen en la calidad seminal y el examen reproductivo son relevantes para los sistemas de producción (Tibary et al., 2018). El examen reproductivo en los machos caprinos se realiza comenzando con un examen físico general y continuando con el aparato reproductor para posteriormente extraer el semen mediante vagina artificial o el electroeyaculador, y una vez recolectado se procede a evaluarlo (Ghosh et al., 2019). Es importante mencionar que la calidad seminal también está determinada por factores como la edad del semental, raza y condición corporal (Owoicho et al., 2023).

En la Comarca Lagunera, los caprinos son manejados bajo diferentes sistemas de producción que varían según la disponibilidad de recursos del productor, siendo una limitante la inestabilidad del recurso alimenticio (Hoyos et al., 1992). Los sistemas extensivos son los más predominantes en esta región. En estos, los animales están más expuestos a variaciones climáticas y cambios en la composición nutricional de los alimentos del agostadero influyendo en la reproducción de los animales (Mellado et al., 2020). En cambio, en los sistemas intensivos, al tener una dieta más controlada así

como a un mejor estatus sanitario la capacidad reproductiva de las cabras es mejor (Fatet et al., 2011).

1.1 Hipótesis

La hipótesis de este trabajo fue que el sistema de producción afecta las variables morfométricas y la calidad del semen en los machos caprinos de la Comarca lagunera.

1.2 Objetivo general

El objetivo de este trabajo fue evaluar si el sistema de producción afecta la calidad seminal de los machos caprinos de la Comarca Lagunera y determinar la correlación de las variables morfométricas y seminales.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor del macho caprino

El conocimiento de la anatomía del aparato reproductor del macho caprino es fundamental para mejorar la eficiencia de los programas de reproducción. El aparato reproductor del macho está compuesto por los testículos, epidídimo, las glándulas accesorias sexuales, la uretra, el pene y el prepucio (Figura 1).

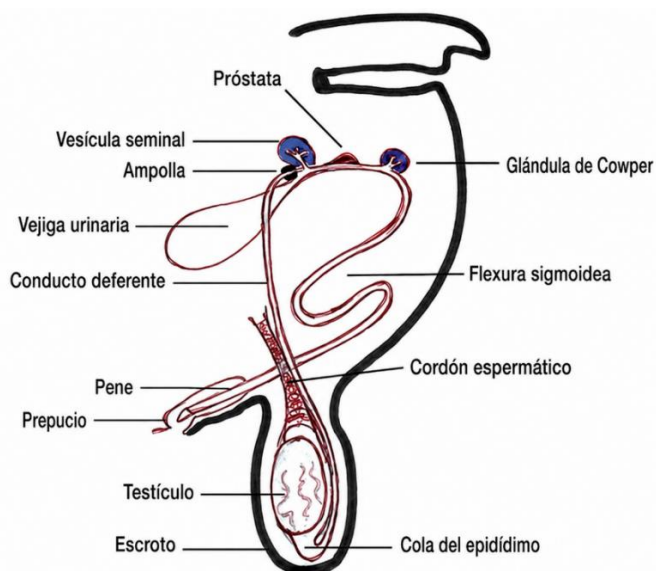


Figura 1 Diagrama del aparato reproductor del macho caprino (Verma et al., 2025).

2.1.1. Testículos

Los testículos son un par de órganos de forma ovalada, localizados en la región inguinal extra abdominalmente. Los testículos tienen dos funciones: una exocrina y otra endocrina, fundamentales para la reproducción (Hernández-Ballesteros et al., 2025). La función exocrina del testículo consiste en la producción de espermatozoides, mientras que la función endocrina consiste en la producción de testosterona e inhibina (González-Reina et al., 2021). Desde el punto de vista anatómico, cada testículo está conformado directamente por túbulos seminíferos, células de Sertoli, células de Leydig o intersticiales y la *rete testis* (Plaul et al., 2022). La superficie de cada testículo está recubierta por una capa de tejido conectivo que se denomina túnica albugínea, la cual alberga una red de vasos sanguíneos que participan en su irrigación. Externamente, los testículos se encuentran rodeados por otra envoltura de tejido conectivo que se conoce como túnica vaginal o de Dartos y ambos órganos están contenidos dentro del escroto, estructura que los mantiene en una posición pendulosa a la región inguinal (Verma et al., 2025), dicha posición se conserva por el músculo cremáster (interno y externo) y el cordón espermático, que contribuyen a la regulación de su ubicación y temperatura (González-Reina et al., 2021).

2.1.2 Epidídimo

El epidídimo se encuentra en contacto directo con la superficie del testículo. Este se divide en tres regiones denominadas cabeza, cuerpo y cola. En su interior el tejido conectivo recubre los conos eferentes incluyendo vasos sanguíneos. La función del epidídimo es el transporte, concentración, maduración y el almacenamiento de los espermatozoides (Plaul et al., 2022).

2.1.3 Conductos deferentes

El conducto deferente se extiende desde la cola del epidídimo hasta la uretra pélvica (Verma et al., 2025), estos órganos ascienden por el borde caudal del testículo y terminan en el abdomen como un componente del cordón espermático. Se centra en el transporte de espermatozoides desde el epidídimo hacia la uretra mediante contracciones peristálticas (Plaul et al., 2022).

2.1.4 Escroto

El escroto es una bolsa o saco en donde se encuentran los testículos y las partes cercanas del cordón espermático. Al exponerse a distintas temperaturas este cambiará su forma y estructura; cuando se expone al frío se contrae provocando que se eleve, se engrose y se arrugue; en cambio, al relajarse por el calor, cansancio o debilidad, este se vuelve liso y colgante. Consta de capas de afuera hacia dentro que es piel, dartos, fascia escrotal y capa parietal de la túnica vaginal. (Verma et al., 2025).

2.1.5 Cordón espermático

El cordón espermático comienza en el anillo inguinal abdominal y se extiende hacia abajo a través del canal inguinal, pasando por el lateral del pene y terminando en el borde insertado del testículo. Este cordón se encuentra formado por la arteria espermática, vena espermática, linfáticos, nervios simpáticos, conducto deferente, músculo cremáster interno y la capa visceral de la túnica vaginal. Su función principal se centra en el transporte, soporte y protección de las estructuras (Verma et al., 2025).

2.1.6 Glándulas sexuales accesorias

Las glándulas sexuales accesorias desempeñan un papel fundamental en el proceso de la fertilidad. En el macho caprino las glándulas sexuales accesorias son las glándulas vesiculares, la próstata y las glándulas bulbouretrales o de Cowper (Plaul et al., 2022). Las glándulas vesiculares son estructuras pares situadas a cada lado de la superficie dorsal posterior del cuello de la vejiga urinaria. El conducto se sumerge detrás de la próstata y termina en una bolsa al lado del colículo seminal con el conducto deferente. Por su parte, la próstata rodea la pared de la uretra y en el arco isquiático a ambos lados de la uretra pélvica, se encuentran las glándulas bulbouretrales esféricas. Estas glándulas se encargan de la producción del líquido seminal que junto con los espermatozoides forman el semen que se expulsa durante la eyaculación (Verma et al., 2025).

2.1.7 Uretra

La uretra y el pene actúan como un paso común para la orina y el semen (Islam et al., 2021). La uretra sobresale del extremo del pene formando el proceso

uretral (Plaul et al., 2022), también llamado apéndice vermiforme, la cual es una extensión de la uretra que mide de 3 a 4 cm, esta gira rápido durante la eyaculación y ayuda a depositar el semen en la parte anterior de la vagina de la hembra (Balcázar y Porras., 2009).

2.1.8 Pene

El pene es el órgano que permite la copula y la deposición del semen en el aparato reproductor de la hembra durante la copulación. Está compuesto de tejido fibroeréctil y se extiende desde el arco isquiático hasta la región umbilical de la pared abdominal. Está formado por la raíz, el cuerpo y el glande encontrándose justo detrás del escroto, formando una flexura en forma de S también llamada flexura sigmoidea (Verma et al., 2025). El pene tiene dos masas dorsales que son los cuerpos cavernosos y el cuerpo esponjoso, incluyendo el segmento esponjoso de la uretra. Tras la excitación sexual, el músculo retractor del pene se relaja y extiende el pene en preparación para la intromisión. Las contracciones del músculo uretral que rodea la uretra pélvica y contracciones de los músculos isquiocavernoso y bulboesponjoso fuerzan el semen a través de la uretra peniana y hacia afuera a través del proceso uretral que gira rápidamente y expulsa el eyaculado sobre el orificio externo (apertura) del cérvix de la hembra (Liu y Ott, 2018).

2.1.9 Prepucio

El prepucio es una invaginación de la piel que cubre la porción libre o preescrotal del pene cuando no está erecto (González-Reina et al., 2021). La capa externa está formada por piel y glándulas sebáceas situadas en la apertura del prepucio (Plaul et al., 2022). Es un análogo de los labios mayores femeninos (Verma et al., 2025).

2.2 Espermatogénesis

La espermatogénesis es el proceso de formación de los espermatozoides en los tubos seminíferos, regulada por el eje hipotálamo-hipófisis-testicular. Los espermatozoides se forman a partir de las espermatogonias del epitelio germinal que se encuentran en el borde externo de los túbulos seminíferos y después de

un periodo de fijación a las células nodrizas, los espermatozoides pasan de los tubos hacia los conductos colectores. La espermatogénesis consta de 3 fases principales denominadas: fase proliferativa o espermatogónica; fase meiótica o espermatocitogénesis y la espermiogénesis. En la primera fase, a partir de una célula germinal se forman las espermatogonias tipo A, que por medio de la mitosis celular ocurre la división de las células resultando en espermatogonias de tipo A y B. El tipo A se sigue replicando y produciendo espermatogonias A y B, mientras que el tipo B da lugar a un espermatocito primario que dará como resultado cuatro espermatozoides maduros al final de la espermatogénesis (Figura 2). En la segunda fase ocurre la formación de espermatozoides y la reducción del material genético a través de la división meiótica produciéndose las células haploides denominadas espermátidas. En esta etapa suceden dos subetapas denominadas meiosis I y meiosis II. En la meiosis I cada espermatocito primario da lugar a dos espermatocitos secundarios y en la meiosis II de cada espermatocito secundario resultan dos espermátidas (Figura 3). En la tercera fase ocurre la maduración final de las espermátidas dando lugar a los espermatozoides maduros, en esta etapa su cola se desarrolla y da lugar al flagelo, la cabeza del espermatozoide disminuye y cambia a su forma característica. Una vez pasado todo este proceso los espermatozoides se liberan y se transportan hasta el epidídimo (Aparicio et al., 2024).

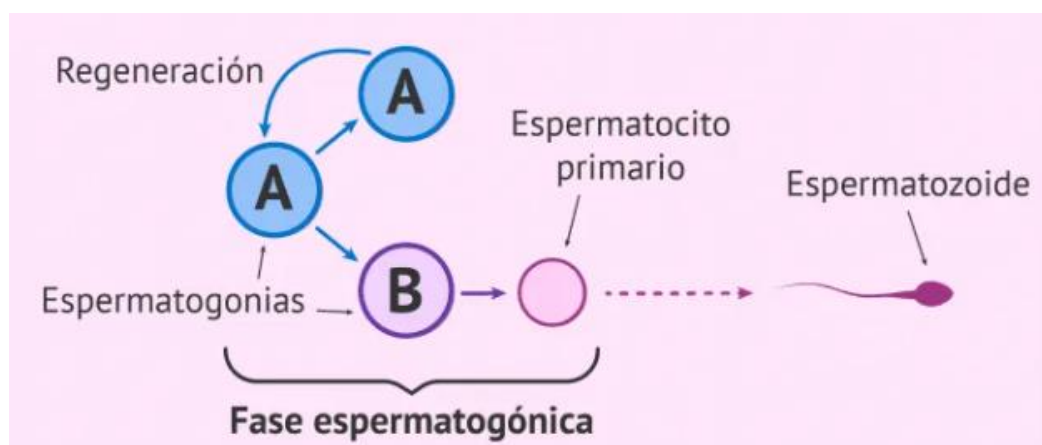


Figura 2 Fase espermatogónica (Aparicio et al., 2024).

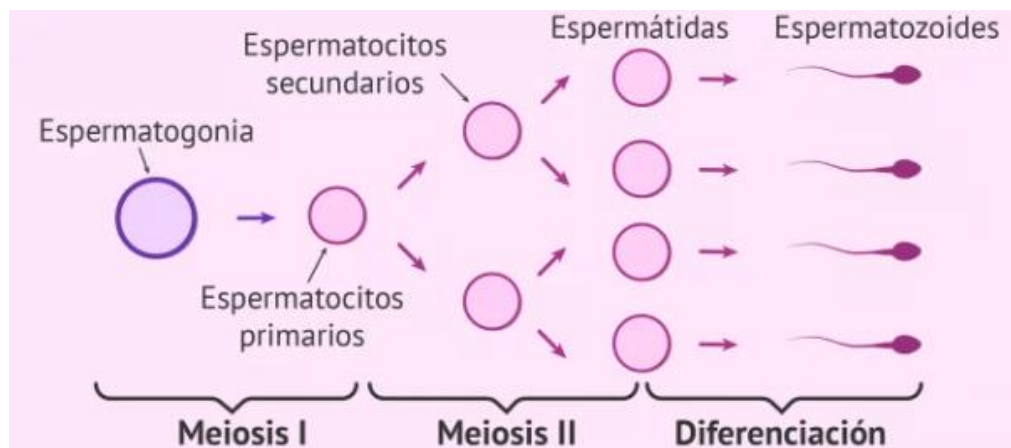


Figura 3 Formación de los espermatozoides a partir de Meiosis I hasta la diferenciación (Aparicio et al., 2024).

La espermatogénesis es regulada por la participación de hormonas como la hormona foliculoestimulante (FSH), hormona luteinizante (LH), testosterona e inhibina (Hernández Ballesteros et al., 2025). Tanto la FSH como la LH son secretadas por la hipófisis estimulada por la GnRH secretada por el hipotálamo. La FSH actúa sobre las células de Sertoli que se encarga de nutrir a los espermatozoides para lograr y ayudar al desarrollo y su maduración, mientras que la LH estimula la secreción de testosterona por parte de las células de Leydig. Por su parte, la inhibina se secreta por las células de Sertoli inhibiendo la liberación de la FSH deteniendo la espermatogénesis (Figura 4) (Aparicio et al., 2024). Como ya se mencionó, la testosterona es secretada por las células de Leydig y dentro de sus principales funciones esta la participación de la diferenciación de las espermatogonias. La cantidad de testosterona secretada por los machos varía en las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo; esto debido a la secreción de testosterona que aumenta gradualmente desde un nivel bajo hasta lo máximo antes y después de la madurez sexual (Espinosa y Córdova, 2018; Hernández Ballesteros et al., 2025).

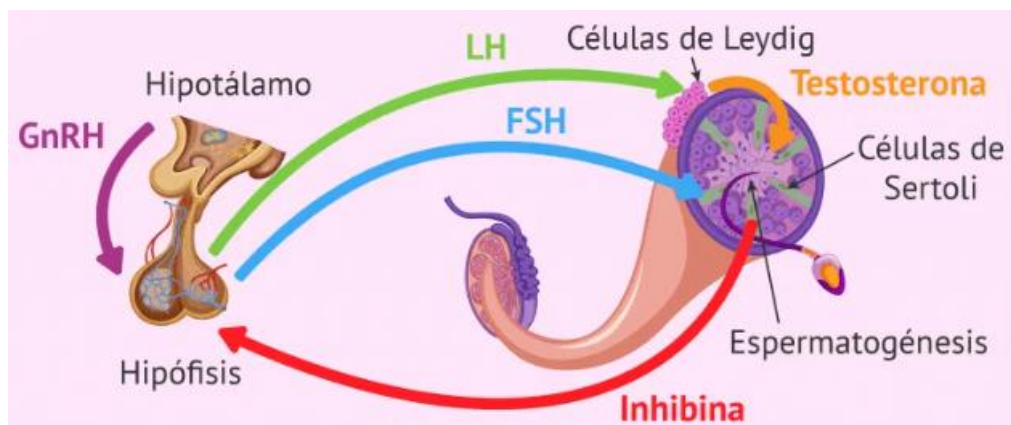


Figura 4 Regulación hormonal de la producción de los espermatozoides (Aparicio et al., 2024).

2.3 Factores que influyen en la calidad seminal

La calidad seminal en machos caprinos está determinada por la interacción de factores ambientales, nutricionales y de manejo, los cuales varían significativamente entre sistemas de producción. Estos sistemas modulan de manera indirecta los procesos fisiológicos involucrados en la espermatogénesis, afectando parámetros como el volumen, la concentración espermática, motilidad, viabilidad y la morfología de los espermatozoides (Cadena-Villegas et al., 2021; Escareño et al., 2011).

2.3.1. Sistemas de producción

En los sistemas extensivos, los caprinos dependen principalmente del pastoreo forrajes naturales, lo que conlleva una alta variabilidad en la disponibilidad y calidad de nutrientes (Mellado et al., 2020). Lo anterior, impacta de manera directa la función reproductiva del macho. Se ha demostrado que la restricción nutricional reduce significativamente la circunferencia escrotal, el volumen del eyaculado, el número total de espermatozoides y la motilidad espermática (Flores-Najera et al., 2021). Adicionalmente, los animales en pastoreo extensivo están expuestos a fluctuaciones ambientales como temperatura, fotoperiodo y estrés térmico, los cuales afectan la espermatogénesis y la calidad seminal. No obstante, el sistema extensivo también favorece un menor estrés por

confinamiento y una mayor actividad física, lo cual puede contribuir positivamente al comportamiento sexual y la libido, aunque estos efectos no compensan completamente las limitaciones nutricionales y ambientales (Cadena-Villegas et al., 2021).

El sistema semi-extensivo combina el pastoreo con suplementación estratégica, lo que permite mejorar la disponibilidad de nutrientes (Castel et al., 2003). Diversos estudios han señalado el efecto de la suplementación nutricional en sistemas semi-extensivos sobre la mejora de la condición corporal y la actividad reproductiva, impactando positivamente la producción espermática (Valle-Moysen et al., 2018).

Por otra parte, los sistemas intensivos se caracterizan por un mayor control sobre la alimentación, sanidad y condiciones ambientales. Este tipo de manejo permite optimizar la calidad seminal mediante dietas balanceadas que cubren los requerimientos energéticos y proteicos necesarios para la espermatogénesis. La evidencia indica que un adecuado nivel nutricional mejora significativamente los parámetros seminales, incluyendo volumen del eyaculado, concentración espermática y motilidad progresiva. Asimismo, una nutrición óptima favorece el desarrollo testicular y la producción de espermatozoides funcionales (Flores-Najera et al., 2021).

2.3.2. Fotoperiodo y estacionalidad reproductiva

En las cabras la actividad reproductiva es estacional. La actividad reproductiva de los caprinos está regulada por el fotoperiodo o cantidad de horas luz en 24 h. Los cambios en la cantidad e intensidad de la luz son percibidos por la retina, donde el estímulo luminoso se transforma en señales químicas que se transmiten al sistema nervioso central (SNC). Estas señales llegan a la glándula pineal donde regulan la producción de melatonina. Durante estas horas de oscuridad aumenta la secreción de melatonina (Telésforo y Verano, 2024). En caprinos la melatonina estimula las células nerviosas del hipotálamo encargadas de la producción GnRH por el hipotálamo y a su vez de LH que estimula las células de Leydig en los testículos para la producción de testosterona y la

espermatogénesis, así como el aumento en el comportamiento sexual (González et al., 2010). El tamaño testicular está directamente relacionado con la producción de espermatozoides y se puede estimar con la circunferencia escrotal (Cadena-Villegas et al., 2021). Estudios confirman que la estimulación con luz o implantes de melatonina ayuda a inducir un aumento en las concentraciones plasmáticas de testosterona durante el anestro estacional (días largos) (Cadena-Villegas et al., 2021). La estacionalidad reproductiva puede estar modificada por la raza (Delgadillo et al., 2020). Por ejemplo, en la raza Saanen muestra una marcada estacionalidad reproductiva (Ahmad y Noakes, 1996). En cambio, la raza Alpina en zonas tropicales el inicio de su actividad reproductiva fue un poco más rápido y su estación de reposo sexual fue más corta, siendo el periodo de baja actividad en enero a mayo (Carrillo et al., 2010).

2.3.3. Edad

Otros de los factores que influyen en la calidad seminal en los machos cabríos son la edad y la raza. La edad del macho es un factor clave, ya que la madurez reproductiva influye directamente en características seminales como el volumen del eyaculado, la concentración espermática y la motilidad. Los machos adultos presentan mejores parámetros seminales en comparación con individuos jóvenes, debido al desarrollo completo de los testículos y al incremento en la producción de testosterona (Owoicho et al., 2023). El volumen del eyaculado aumenta proporcionalmente al desarrollo del peso corporal y del diámetro escrotal durante el primer año de vida, pero la motilidad individual suele ser inconsistente hasta que el eje hipotálamo-hipófisis-testículo se estabiliza (Mellado, 2008). Un estudio realizado por Maldonado-Jáquez et al (2018), afirma que los machos jóvenes y cabritos eyacularon más veces en comparación a los machos adultos. En machos adultos y jóvenes hubo menos espermatozoides muertos en comparación con los cabritos, junto con mayor motilidad espermática, viabilidad y concentración espermática en conjunto con un mayor diámetro testicular, lo cual recomienda usar machos adultos (>30 meses) o jóvenes (>15 meses) para asegurar buena calidad seminal.

2.3.4. Examen reproductivo

El examen reproductivo en los machos consiste en realizar un examen físico general, continuar con el aparato reproductor, y posteriormente la evaluación de una muestra seminal. El examen físico del semental debe comenzar por la boca, ojos, orejas, lomo, pezuñas y condición corporal (Ghosh et al., 2019). Una vez realizado este procedimiento se prosigue examinando el aparato reproductor desenvainando el pene, palpando los testículos, así como la cabeza, cuerpo y cola del epidídimo (Balcazár y Porras., 2009). Dentro de la evaluación reproductiva es importante evaluar la circunferencia escrotal para predecir el peso testicular teniendo una correlación positiva entre esta y la concentración espermática. La circunferencia escrotal se mide utilizando una cinta métrica graduada de metal o de plástico flexible tomando la medición en la región de mayor diámetro correspondiente a la región media testicular (Puentes et al., 2022). En machos mayores a un año de edad la circunferencia puede llegar a ser mayor a 28 cm, y dentro del examen reproductivo una circunferencia escrotal satisfactoria debe estar entre 24 y 27 cm de diámetro (Cadena-Villegas et al., 2021).

La muestra de semen se puede obtener a través de vagina artificial o electroeyaculador. Una vez obtenida la muestra los principales parámetros a evaluar son el volumen (mL), concentración espermática (spz/mL 10^6), motilidad en masa y progresiva, así como la viabilidad y la morfología.

El volumen del eyaculado es la cantidad total del fluido seminal en el que se encuentran los espermatozoides expulsada en una sola eyaculación, medida en mililitros. La determinación del volumen del semen eyaculado se toma de forma inmediata, y con la observación directa del tubo de recolección (Vera y Ricarte, 2009). La concentración espermática es un análisis microscópico clave que determina el número de espermatozoides por mililitro de semen, este se realiza mediante una cámara de Neubauer o un espectofotómetro (Balcazar y Porras., 2009). La motilidad espermática es una expresión de la viabilidad de la célula que nos proporciona la información necesaria sobre el potencial y la capacidad de la fertilidad del espermatozoide para penetrar el ovocito (Olmos-Miguelañez et al.,

2024). La evaluación de la motilidad en masa se realiza al observar una gota de la muestra de semen sobre un portaobjetos directamente al microscopio. La onda de movimiento espermático se determina usando una escala del 0 al 5, esta se utiliza para determinar la presencia o ausencia de espermatozoides móviles y la presencia o ausencia de espermatozoides motiles para que exista la presencia de ondas o remolinos (Vera y Ricarte, 2009). La motilidad en masa está altamente correlacionada con la fertilidad y los valores adecuados deben ser iguales o mayores a 3 (escala de 0 a 5 pts) (Choque-López *et al.*, 2015).

La viabilidad seminal se puede ver comprometida por el efecto del macho y algunos puntos como la manipulación, transporte y conservación que pueden afectar los resultados (Carrasco-Cando *et al.*, 2023). La viabilidad espermática es un parámetro utilizado en la evaluación de la calidad del semen que nos ayuda a indicar el porcentaje de espermatozoides vivos presentes en una muestra seminal, basándose en la integridad de la membrana plasmática del espermatozoide, la viabilidad se determina mediante diferentes técnicas de laboratorio como tinción eosina-nigrosina, que permiten diferenciar los espermatozoides vivos o muertos (Juarez y Santiani, 2019). Asimismo, la morfología es un parámetro importante al indicar alteraciones en la estructura de los espermatozoides que puede impactar en su capacidad fecundante. Esta se puede determinar en muestras húmedas o bien mediante tinciones especiales como la eosina-nigrosina, Diff-Quick, Hematoxilina, entre otras.

Además de las anteriores existen pruebas más específicas para determinar la funcionalidad del espermatozoide entre las cuales están la prueba conocida como HOST por sus siglas en inglés (Hypoosmotic Swelling Test) que evalúa la funcionalidad de la membrana plasmática del espermatozoide. Este método se basa en el aumento de volumen cuando se someten a un shock osmótico al diluir la muestra en un medio hipotónico. Este aumento se debe a la entrada de agua a la célula lo que provoca una reacción de la célula ocasionando el enrollamiento de la cola del espermatozoide. Los resultados se expresan en porcentaje; cola enrollada (+) cola recta o no enrollada (-) (Vera y Ricarte, 2019). Por otra parte,

el acrosoma es una vesícula secretora que se encuentra en la cabeza del espermatozoide. La reacción de este consiste en la fusión de la membrana plasmática con la membrana acrosómica externa. El espermatozoide se considera capacitado cuando está apto para experimentar la reacción del acrosoma (del Rio et al., 2007). Para determinarla, se pueden utilizar diferentes técnicas en las cuales se incluye la tinción de Coomassie Blue en la cual se evalúa el estado de la membrana acrosomal. Esta técnica se basa en que los grupos sulfónicos del colorante se unen a proteínas con grupos positivos u tiñen la parte rostral del espermatozoide intacto (Torres et al., 2023).

Cuadro 1 Valores de referencia del eyaculado en machos caprinos

Variable	Valor de referencia
Volumen, mL	1.0 (0.5 - 1.5 mL)
Motilidad en masa	3.0 (0 – 5)
Motilidad progresiva, %	80 (70 - 90)
Concentración espermática, spz/mL 10^6	4,000 (2,000 – 5,000)
Células normales, %	80 (70 – 90)

III. MATERIALES Y METODOS

Todos los procedimientos que involucraron animales se realizaron con estricto apego a las normas nacionales referentes al uso, cuidado y manejo de los animales de experimentación (NOM-062-ZOO-1999).

3.1. Lugar del estudio y animales experimentales

El experimento se realizó en la Comarca Lagunera (entre los paralelos 25°00' y 26°45' de latitud norte y entre los meridianos 102°15' y 103° 50' de longitud oeste) durante los meses de agosto a diciembre. La región se caracteriza por presentar un clima seco a desértico con temperaturas medias que oscilan entre los 18 y 22 °C con una precipitación pluvial anual de 260 mm y una evaporación potencial de 2,500 mm (CONAGUA, 2024).

Para el presente estudio se seleccionaron animales de diferentes productores de la región con diferentes sistemas productivos: Extensivo, semi-intensivo e intensivo. En el sistema intensivo los caprinos se encontraban estabulados y su alimentación se encontraba equilibrada, a estos animales se les proporcionó alojamiento y dietas equilibradas incluyendo 2 kg de alfalfa, 200 gr de concentrado, 15% de proteína por animal. En el sistema semi-extensivos los caprinos pastoreaban en pastizales de vegetación natural y al momento de regresar a los corrales o instalaciones se les suplementaba con silo o concentrado, para complementar su alimentación. En el sistema extensivo los caprinos pastoreaban en agostadero y residuos de cosechas sin recibir ningún tipo de suplementación.

3.2. Diseño del estudio

En total se muestrearon 56 machos caprinos pertenecientes a los diferentes sistemas productivos de la región, incluyendo 22 machos en el sistema intensivo, 17 machos en el sistema semi-intensivo y 17 machos en el sistema extensivo. Se evaluó la edad, el peso vivo (PV), la condición corporal, circunferencia escrotal, y olor de los machos. El PV se determinó mediante una báscula digital con una capacidad máxima de 200 kg y mínima de 50 g (WH-C 100, China). La condición

corporal (CC) se determinó de acuerdo con la estimación de la masa muscular y grasa de la parte lumbar en una escala del 1 al 5. Donde 1 es un animal extremadamente delgado y 5 es un animal obeso. La circunferencia escrotal (CE) se midió con la técnica de Bedford-Guaus (2023). De acuerdo a la técnica, los testículos se miden de su polo más ancho bajándolos a la parte inferior del escroto y usando una cinta métrica flexible en centímetros (cm) se mide alrededor de la circunferencia más grande. El olor de los machos se determinó en la base de los cuernos en una escala de 0 a 3.

3.3. Evaluación de la calidad seminal

Para la evaluación del semen se extrajo una muestra con una vagina artificial (VA) para caprinos (Minitube Alemania) a una temperatura de 45°C y empleando una hembra en celo. El semen se recolectó en tubos de vidrio de 15 mL graduados, cuidando que no les diera el sol directamente ni se expusieran a cambios bruscos de temperatura usando una funda calefactora para protegerlo. Después de la recolección las muestras se colocaron en un baño maría a 37 °C para que el semen conservara la temperatura adecuada para posteriormente evaluarlo dentro de los primeros 15 min después de la recolección.

Se evaluó la latencia al eyaculado considerando desde el momento en que el caprino fue expuesto a la hembra en estro hasta el momento en el que el macho eyaculo (golpe de riñón) dentro de la VA. Posterior se midió el volumen del eyaculado (ml) directamente del tubo en el que se recolectó la muestra. La concentración se evaluó con la ayuda de un Fotómetro SDM1 tomando en una pipeta una muestra de semen sin diluir colocándola en una microcubeta que posterior se colocó en el fotómetro, repitiendo el proceso tres veces y sacando una media de los 3 resultados. La motilidad masal se evaluó tomando una gota de semen en un portaobjetos templado a 37°C analizando al microscopio en una escala de 0-5 puntos evaluando la presencia o ausencia de remolinos bajos, medios o altos. La motilidad individual se tomó una gota de semen y se diluyó con una gota de solución de (Ringer lactato o cloruro de sodio) atemperada a 37°C y se realiza la lectura en el microscopio, se consideró a los espermatozoides a aquellos que muestran un desplazamiento enérgico, rectilíneo en sentido de

avance y activo, se observaron varios campos hasta contar 100 células y poder sacar así el porcentaje, ambas técnicas de motilidad se evaluaron basándose en la técnica de Vera y Ricarte (2009).

La viabilidad se evaluó con la técnica de Carrasco-Cando et al (2023) para conocer la cantidad de espermatozoides vivos o muertos usando tinción eosina nigrosina, para ello se colocó una gota de semen en una laminilla añadiendo una gota de eosina-nigrosina, se mezcló dejando de manera homogénea y posteriormente se realizó un barrido para después observarlo al microscopio.

Para la evaluación de la prueba hipoosmótica (HOST) se evaluó colocando una gota de semen en una solución hipoosmótica durante un lapso de 30 minutos, pasado este tiempo se colocó una gota de semen en una laminilla atemperada en el cual se realizó un frotis y se observaron en un microscopio de campo claro. Las células se determinaron de acuerdo a la técnica de Torres et al., (2023) que dice que el agua libre se transporta a través de la membrana y esto provoca la hinchazón de la cola del espermatozoide dando como resultado una edematización, fijando los espermatozoides que son o no funcionales si el flagelo tenía presencia o ausencia de doblez en la cola del espermatozoide.

El acrosoma (AC) se evaluó mediante la tinción de Coomassie Blue que nos menciona Torres et al., 2023 haciendo un frotis de la muestra de semen fijando con solución HOS formol durante 10 minutos y posterior a este tiempo se sumergió en la tinción Coomassie Blue durante 7 minutos, posterior a esto se secó el exceso y se dejó secando, pasado el tiempo se realizó la lectura en microscopio.

3.4. Análisis estadístico

Los análisis se realizaron con el GLM (Modelos lineales generalizados) del paquete estadístico de SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC). Así mismo se realizó una prueba de correlación para determinar la relación entre las variables evaluadas. Para determinar si había diferencia entre las variables usando un nivel de probabilidad de ≤ 0.05 si había diferencia significativa.

IV. RESULTADOS

Los resultados de las variables espermáticas de los machos caprinos de los tres sistemas de producción de la Comarca Lagunera se muestran en el Cuadro 2. No se observaron diferencias significativas entre las diferentes variables y los sistemas de producción ($P>0.05$). Del total de los machos montaron un 83.9%. La edad fue de 2.46 ± 1.2 años, el peso vivo de 62.05 ± 16.1 kg, condición corporal de 3.1 ± 0.4 , olor 2.47 ± 0.5 , circunferencia escrotal de 28.3 ± 1.5 cm. La latencia a la eyaculación fue de 44.8 ± 45.3 s. El volumen, la concentración y la motilidad en masa e individual fueron de 0.75 ± 0.6 mL, 3781.1 ± 639.4 (106), $3.91\pm 0.9\%$, $79.79\pm 8.3\%$ respectivamente. La viabilidad fue de $73.55\pm 13.1\%$, el HOST de $52.47\pm 21.8\%$ y el acrosoma de $73.17\pm 12.9\%$.

Cuadro 2 Parámetros espermáticos obtenidos de los machos caprinos de los diferentes sistemas de producción en la Comarca Lagunera durante la estación reproductiva

	Extensivo	Intensivo	Semi-Extensivo	General
Machos que montaron	88.2% (15/17)	95.4% (21/22)	64.7% (11/17)	83.9% (47/56)
Edad	1.9 ± 0.9	2.8 ± 1.5	2.5 ± 0.9	2.46 ± 1.2
PV (kg)	56.6 ± 14.9	67.9 ± 15.2	58.3 ± 17.1	62.05 ± 16.1
CC	3.1 ± 0.4	3.1 ± 0.4	3.1 ± 0.5	3.11 ± 0.4
Olor	2.4 ± 0.6	2.6 ± 0.5	2.4 ± 0.7	2.47 ± 0.5
CE (cm)	28.1 ± 2.0	28.3 ± 1.2	28.6 ± 1.3	28.3 ± 1.5
Latencia (s)	53.1 ± 58.4	47.5 ± 44.7	28.8 ± 16.4	44.89 ± 45.3
Vol (mL)	0.6 ± 0.5	0.7 ± 0.7	1.1 ± 0.7	0.75 ± 0.6
Conc. (10^6)	3650.0 ± 785.8	3940.5 ± 584.2	3655.5 ± 487.1	3781.1 ± 639.4
MM (%)	3.7 ± 1.0	4.0 ± 0.9	3.9 ± 0.9	3.91 ± 0.9
MI (%)	76.7 ± 12.5	81.9 ± 5.1	80.0 ± 5.0	79.79 ± 8.3
VI (%)	74.7 ± 12.8	73.1 ± 14.1	72.9 ± 12.7	73.55 ± 13.1
HOST (%)	55.5 ± 24.1	46.0 ± 20.3	60.7 ± 19.5	52.47 ± 21.8
AC (%)	68.5 ± 18.0	76.9 ± 8.8	72.5 ± 10.2	73.17 ± 12.9

PV= Peso vivo, CC= Condición corporal, CE= Circunferencia escrotal, Vol= Volumen (S), Conc= Concentración (106), MM= Motilidad en masa, MI= Motilidad individual, VI= Viabilidad, HOST= Hypoosmotic swelling test, AC= Acrosoma

La edad tuvo una correlación positiva con el peso ($p=0.01$) y el volumen ($p=0.002$). sin embargo, tuvo una correlación negativa con la condición corporal ($p=0.05$). Se observó una correlación positiva entre el peso y la CE ($p=0.01$) y la concentración espermática ($p=0.02$) al igual que con el acrosoma ($p=0.006$). No obstante, se observó una correlación negativa entre el peso y la viabilidad y el HOST ($p=0.09$). Por su parte, la condición corporal mostro una correlación positiva entre la concentración espermática ($p=0.009$) y la circunferencia escrotal ($p=0.08$) pero, tuvo una relación negativa con la latencia ($p=0.06$), el volumen y la viabilidad ($p=0.09$). Asimismo, se observó una correlación negativa entre la latencia la integridad del acrosoma ($p=0.09$). Por otra parte, los resultados muestran una correlación entre el volumen seminal con la prueba HOST ($p=0.02$) pero negativa con la concentración espermática ($p=0.06$) y la motilidad en masa ($p=0.07$). Asimismo, la concentración espermática tuvo una correlación positiva altamente significativa con la motilidad en masa ($p=0.0007$) e individual ($p=0.0002$) y con el acrosoma ($p=0.03$), al igual que entre la motilidad en masa y la motilidad individual ($p= <0001$) con la viabilidad ($p=0.001$) así como la viabilidad el HOST ($p=0.0002$).

Cuadro 3 Correlaciones entre las variables morfológicas y espermáticas de los machos caprinos de la Comarca Lagunera.

	Edad	Peso	CC	Olor	CE	Lat	Vol	Conc	MM	MI	Vi	Host	AC
Edad		0.35**	-0.28**	0.16	0.24	0.19	0.43**	-0.02	0.03	-0.02	-0.04	0.03	0.17
Peso	0.35**		0.01	0.19	0.34**	0.14	0.22	0.33**	-0.16	-0.07	-0.25*	-0.25*	0.39**
CC	-0.28**	0.01		-0.08	0.25*	-0.27*	-0.25*	0.38*	0.00	0.14	-0.25*	-0.16	-0.12
Olor	0.16	0.19	-0.08		0.17	0.08	0.00	0.04	0.20	0.07	0.11	-0.18	0.04
CE	0.24	0.34**	0.25*	0.17		0.19	0.17	0.23	-0.11	0.00	-0.23	-0.02	-0.10
Lat	0.19	0.14	-0.27*	0.08	0.19		0.00	-0.02	0.14	-0.01	0.21	0.19	-0.24*
Vol	0.43**	0.22	-0.25*	0.00	0.17	0.00		-0.27*	-0.26*	-0.20	0.16	0.32**	0.18
Conc	-0.02	0.33**	0.38**	0.04	0.23	-0.02	-0.27*		0.48**	0.51**	0.12	-0.21	0.30**
MM	0.03	-0.16	0.00	0.20	-0.11	0.14	-0.26*	0.48**		0.64**	0.46**	-0.12	0.11
MI	-0.02	-0.07	0.14	0.07	0.00	-0.01	-0.20	0.51**	0.64**		0.35**	-0.21	0.10
Vi	-0.04	-0.25*	-0.25*	0.11	-0.23	0.21	0.16	0.12	0.46**	0.35**		0.51**	-0.05
HOST	0.03	-0.25*	-0.16	-0.18	-0.02	0.19	0.32**	-0.21	-0.12	-0.21	0.51**		-0.19
AC	0.17	0.39**	-0.12	0.04	-0.10	-0.24*	0.18	0.30**	0.11	0.10	-0.05	-0.19	

CC= Condicion corporal, CE= Circunferencia escrotal, Lat= Latencia, Vol= Volumen, Conc= Concentración, MM= Motilidad en masa, MI= Motilidad individual, VI= Viabilidad, HOST= Hipoosmotic swelling test, AC= Acrosoma, *P>0.05 ≤0.10; **P<0.05

V. DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio muestran que el sistema de producción no afectó en las variables morfológicas y reproductivas de los machos caprinos de la Comarca Lagunera. En la Comarca Lagunera, los caprinos se manejan bajo diferentes sistemas de producción que presentan manejos muy variados pudiendo influir en las características reproductivas de los sementales (Mellado, 2008). Por ejemplo, en los sistemas extensivos, la alimentación es el principal factor que afecta las características reproductivas de los machos y las hembras (Escareño et al., 2011), ya que generalmente bajo estas condiciones la alimentación está limitada y el contenido de nutrientes en los forrajes durante la época de sequías está reducido (de Santiago et al., 2018). Por el contrario, en los sistemas de producción intensivos en los que los animales están en completo confinamiento, estos reciben una alimentación más balanceada, maximizando la eficiencia de producción y utilizando razas lecheras especializadas (Meza-Herrera et al., 2023).

Diversos estudios han mencionado que el sistema de manejo influye en la calidad seminal y la capacidad de criopreservación en machos caprinos (Kumar et al., 2016a; 2016b). Kumar et al. (2016a) mencionan que el volumen seminal fue significativamente mayor en el sistema intensivo, sin embargo, la motilidad en masa, la motilidad progresiva, la concentración espermática, la viabilidad y la integridad acrosómica fueron significativamente ($P < 0.05$) mayores en los machos del sistema semi-extensivos. Asimismo, la motilidad post-descongelamiento e integridad acrosómica de los espermatozoides fueron significativamente más altos en los machos del sistema semi-extensivos (Kumar et al., 2016b). Similarmente, en ovinos manejados en sistemas extensivos las características seminales evaluadas fueron mejores que en los machos bajo un sistema intensivo, lo que sugiere también que la sobrealimentación podría tener efectos perjudiciales sobre las características seminales (Fourie et al., 2004).

En el presente estudio las variables evaluadas se mantuvieron dentro de valores similares a los reportados en artículos previos (Balcazar y Porras, 2009; Cadena-Villegas et al., 2021). En nuestro estudio, el volumen del eyaculado fue de $0.75 \pm$

0.6 mL, similar a lo reportado por Cadena-Villegas et al. (2021) quien reporta que según la época del año este puede variar de 0.44 a 0.86 mL. Asimismo, la concentración espermática ($3781.1 \pm 639.4 \times 10^8$ espermatozoides/mL), la motilidad individual ($79.79 \pm 8.3\%$), la viabilidad ($73.55 \pm 13.1\%$) y la integridad del acrosoma ($73.17 \pm 12.9\%$) coinciden con los valores reportados previamente para sementales fértiles (Balcázar y Porras, 2009).

Por otro lado, se observaron correlaciones entre las variables evaluadas. La edad se correlaciona positivamente con la circunferencia escrotal, similar a lo reportado en estudios previos (Escareño et al., 2011). Asimismo, la correlación positiva entre la concentración espermática y la motilidad en masa e individual coincide con lo descrito por Vera y Ricarte (2009), los cuales indican que estos parámetros están relacionados con la fertilidad del semental. Cadena-Villegas et al., (2021) concuerdan con los resultados, ya que mencionan que para una eficiencia y un mejor rendimiento reproductivo hay factores que influyen a lo largo del año relacionados con la nutrición, fotoperiodo, y con las condiciones nutricionales aumentando o disminuyendo el tamaño testicular dando como resultado la relación con el volumen espermático. Asimismo, la correlación positiva entre la edad y el volumen del eyaculado observada en los machos evaluados apoya la hipótesis de que los machos cabríos adultos presentan mejores características seminales lo que puede deberse a la madurez del eje hipotálamo-hipófisis-gónadas el cual influye principalmente en la espermatogénesis (Ángel-García et al., 2014). Además, Mellado (2008) menciona que hay una correlación entre el volumen del eyaculado y el peso corporal ya que a mayor peso aumenta el volumen del eyaculado. Maldonado-Jaquez et al. (2018) afirma también que los machos jóvenes eyacularon más veces en comparación con machos adultos, afectando también motilidad, viabilidad y concentración espermática. Sin embargo, las correlaciones negativas observadas entre el peso y la viabilidad espermática podrían estar relacionadas con desbalances nutricionales, ya que la deficiencia como el exceso energético pueden afectar negativamente la calidad del semen (Arellano-Lezama et al., 2017).

VI. CONCLUSIONES

Los resultados del presente estudio permiten concluir que el sistema de producción no influyó en los parámetros seminales de los machos cabríos de la Comarca Lagunera. Las correlaciones observadas entre variables individuales como el peso, circunferencia escrotal y condición corporal tienen una influencia en los parámetros de la calidad seminal, como la concentración espermática, la integridad del acrosoma, la concentración espermática, el volumen, la motilidad en masa e individual, acrosoma, viabilidad y HOST.

VII. REFERENCIAS

- Ahmad N., Noakes D. E. (1996). Seasonal variations in the semen quality of Young british goats. British Veterinary Journal. 152 (2). Pp: 225-236 DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1935\(96\)80076-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1935(96)80076-5)
- Ángel-García O., Meza-Herrera C. A., Guillén-Muñoz J. M., Carrillo-Castellanos E., Luna-Orozco J. R., Mellado M., Velíz-Derás F. G. (2014). Seminal characteristics, libido and serum testosterone concentrations in mixed-breed goat bucks receiving testosterone during the non-breeding period. Journal of Applied Animal Research. 43 (4). Pp 457-461. DOI: <https://doi.org/10.1080/09712119.2014.980420>
- Aparicio Caballero M., Barranquero Gómez M., Reus R., Azaña Gutierrez S. (2024). ¿Cómo se forman los espermatozoides? – Fases de la espermatogénesis. Reproduccion asistida ORG. (Consultado en línea el 10 de abril de 2026). En línea: <https://www.reproduccionasistida.org/espermatogenesis/>
- Arellano-Lezama T., Cruz-Espinoza F., Pro-Martínez A., Salazar-Ortiz J., Gallegos-Sánchez J. (2017). Factores ambientales que afectan la calidad seminal del carnero. Agroproductividad. 10(2). pp: 53-59.
- Balcázar Sánchez J.A., Porras Almeraya A. I. (2009). Manual de prácticas en manejo reproductivo de ovinos y caprinos. Universidad Nacional Autónoma de México. (Consultado en línea el 10 de abril de 2026). En línea: https://fmvz.unam.mx/fmvz/licenciatura/coepa/archivos/manuales_2013/Manual%20de%20Practicas%20de%20Profundizacion%20en%20Reproduccion%20Animal%20Ovinos%20y%20Caprinos.pdf
- Bedford-Guaus S. J. (2023) Examen de aptitud reproductiva en el toro. Manual de MSD. (Consultado en línea 08 de noviembre de 2025) <https://www.msdivetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/examen->

[de-aptitud-reproductiva-del-macho/examen-de-aptitud-reproductiva-en-el-toro](#)

- Cadena-Villegas S., Hernández-Martín J.A., Gallegos-Sánchez J., Germán-Alarcón C. G., Pérez-Hernández P. (2021). Reproductive management of the male goat: a review. *Agro Productividad*. 14 (8). Pp: 111-117. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i8.2102>
- Carrasco-Cando A. N., Miranda-Carrera E. N., Toapanta-Cunalata O. G., Silva-Jaramillo P. R. (2023). Evaluación de tres diluyentes incorporados en el semen de porcinos. *Polo del conocimiento*. 8(11). 210-224. DOI: <https://doi.org/10.23857/pc.v8i11.6204>
- Carrillo E., Meza-Herrera C. A. Véliz F. G. (2010). Estacionalidad reproductiva de los machos cabrios de la raza Alpino-Francés adaptados al subtrópico mexicano. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 1 (2) pp: 169-178.
- Choque-López J., Bueno J., López M., Valerio D. (2015). Protocolo de recolección de semen de razas bovinas y caprinas tropicales en el Centro Especializado en Biotecnología Reproductiva. *Revista APF*. 4 (1) pp 37-40.
- CONAGUA (Comisión Nacional del Agua). (2024). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero principal-región lagunera (0523), Estado de Coahuila. (Consultado en línea 15 de octubre de 2025) https://sigagis.conagua.gob.mx/gas1/Edos_Acuiferos_18/coahuila/DR_0523.pdf
- Castel J. M., Mena Y., Delgado-Patíñez M., Camúñez J., Basulto J., Caravaca F., Guzmán-Guerrero J. L., Alcalde M. J. (2003). Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*. 47 (2). Pp 133-143. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00250-X](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00250-X)

- Del Rio M. J., Godoy A., Toro A., Orellana R., Cortés M. E., Moreno R. D., Vigil P. (2007). La reacción acrosómica del espermatozoide: avances recientes. *Revista Internacional de Andrología*. 5(4). 323-427. DOI: 10.1016/S1698-031X(07)74086-4
- De Santiago A., Alvarado J. F., López A. G., Trujillo G., Álvarez M. M., Mellado M. (2018). Effects of testosterone administration and feeding level on reproductive activity in sexually inactive goat bucks. *J HELLENIC VET MED SOC*. 69 (2), 991-998. DOI: <https://doi.org/10.12681/jhvms.18032>
- Delgadillo J. A., Sifuentes P. J., Flores M. J., Espinoza-Flores L.A., Andrade-Esparza J. D., Hernández H., Keller M., Chemineau P. (2020). Nutritional supplementation improves the sexual response on bucks exposed to long days in semi-extensive management and their ability to stimulate reproduction in goats. *Animal The international journal of animal biosciences*. 15 (2). Pp: 1-9 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.animal.2020.100114>
- Escareño Sánchez L. M., Wurzinger M., Pastor López F., Salimas H., Sölkner J., Iñiguez L. (2011). La cabra y los sistemas de producción caprina de los pequeños productores de la comarca lagunera, en el norte de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17 (Edición especial). Pp: 235-246. DOI: 10.5154/r.rchscfa.2010.10.087
- Espinosa-Cervantes R., Córdova-Izquierdo A. (2018). Efecto del estrés calórico y el estrés oxidativo en la función espermática de los mamíferos. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*. 12(1) 27-39. DOI: <https://doi.org/10.5209/RCCV.61018>
- Fatet A., Pellicer-Rubio M. T., Leboeuf B. (2011). Reproductive cycle of goats. *Animal Reproduction Science*. 124 (3-4) pp 211-219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.08.029>
- Flores Nájera M. J., Rosales Nieto C. A., Vélez Monroy L. I., Chávez Solís A. U. (2021). Influencia del nivel nutricional sobre la calidad seminal y el

comportamiento sexual de los machos cabríos tratados con días largos artificiales. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*. 23 (1). pp 36-44.
DOI: <https://doi.org/10.18633/biotecnica.v23i1.1275>

Fourie P., Schwalbach L. M., Naser F. W. C., Van der Westhuizen C. (2004). Scrotal, testicular and semen characteristics of Young Dorper rams managed under intensive and extensive conditions. *Small Ruminant Research*. 54 (1-2). Pp: 53-59. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2003.10.01>

Ghosh C. P., Datta S., Mandal D., Das A. K., Roy D. C., Roy A., Tudu N. K. (2019). Body condition scoring in goat: impact and significance. *Journal of Entomology and Zoology Studies*. 7 (2) pp: 554-560.

González-Sánchez A. L., Véliz-Derás F. G., Wuringer M., De Santiago-Miramontes M. A., Rivas Muñoz R., Carrillo E., Calderón-Leyva M. G., Buendía-Tamariz M. N., Abad Zavaleta J., (2010). Aminoácidos excitadores, fotoperiodos crecientes, y niveles séricos de testosterona en machos caprinos. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 11 (2).

González-Reyna A., Vázquez-Armijo J. F., Lucero Magaña F. A. (2021) *Fisiología de la reproducción y productividad en pequeños rumiantes*. Editorial Académica Española. ISBN: 978-620-3-03394-6. pp: 68-94

Hernandez-Ballesteros J. A., Benitez-Meza J. A., De la Cruz-Moreno C. O., Gómez-Gurrola A., Borrayo-González J. J. F. (2025). Evaluación testicular en el macho cabrío. *Revista Veritas de Difusão Científica*. 6 (2). 3569-3603. DOI: <https://doi.org/10.61616/rvdc.v6i2.801>

Hoyos G., Salinas H., Sáenz P. (1992). Sistemas de producción caprina y sus principales limitaciones en la Comarca Lagunera, México. *Turrialba*. 42 (1) pp 1-7.

Islam R., Uddin Ahmed S. S., Faruk-Miazi O., Golam Kibria A., Faruq A., Mejbah Uddin M. (2021). Gross anatomy of urethra and penis in uncastrated and

castrated Buck of black bengal goat. *Int. J Morphol.* 39 (1). Pp: 138-142.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022021000100138>

Juarez J., Santiani A. (2019). Determinación del porcentaje de viabilidad espermática mediante citometría de flujo durante el proceso de criopreservación en espermatozoides obtenidos de epidídimo de alpaca. *Revista de Investigaciones Veterinarias de Perú.* 30(3). Pp: 1175-1183.
DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i3.16608>

Kumar N., Rai B., Bhat S. A., Kharche S. D., Gangwar C., Jindal S, K., Chandra S. (2016). Effect of management system and season on semen freezability in Jakhrana bucks. *Veterinary World.* 9 (2). Pp: 199-202. DOI: 10.14202/vetworld.2015.199-202.

Kumar, N., Rai, B., Gangwar, C., Kumar, A., Kharche, S. D., Lone, S. A., Jindal, S. K. (2016). Libido parameters and their correlation with seminal characteristics in Jakhrana bucks maintained under different systems. *Indian Journal of Animal Sciences*, 86(9), 999-1002. DOI: <https://doi.org/10.56093/ijans.v86i9.61565>

Liu W., Ott T. (2018). Sheep Overview. *Encyclopedia of Reproduction.* 2 (1). Pp 515-520. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809633-8.20511-6>

Maldonado-Jáquez J. A., Granados-Rivera L. D., Domínguez-Martínez P. A., Pastor-López F.J., Vélez-Monroy L. I., Figueroa-Viramontes U. (2018). Efecto de la edad del macho cabrío en parámetros de calidad durante el proceso de criopreservación seminal. *Acta Agrícola Pecuaria.* 4 (3). Pp: 92-98. DOI: <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.3/3>

Mellado M. (2008). Técnicas para el manejo reproductivo de las cabras en agostadero. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 9 (1). Pp 47-63.

Mellado M., Rodríguez I. J., Alvarado-Espino A., Veliz F. G., Mellado J., García J. E. (2020). Short communication: reproductive response to concentrate supplementation of mixed-breed goats on rangeland. *Tropical Animal*

Health and Production. 52 (5). 2737-2741. DOI: [10.1007/s11250-020-02264-z](https://doi.org/10.1007/s11250-020-02264-z)

Meza-Herrera C., Machado-Ramos M. G., de Santiago-Miramontes A., Mellado M., Navarrete-Molina C., Sarilana-Navarrete M. A., Arévalo J. R., Angel-Garcia O., Alvarado-Espino A. S., Rodriguez-Venegas R. (2023). Connectedness between intensive and extensive ruminant production systems: using dairy cow feed leftovers to generate out-of-season bio-economic indices in goats. Agriculture. 13 (11), 2079. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture13112079>

Olmos-Migueláñez S., García-Peñalvo F. J., Ortiz-López A., García-Holgado A. (2024). PIIECYL Premios de Investigación e Innovación en Eso, Bachillerato y Formación Profesional de Castilla y León. Universidad de Salamanca. ISBN: 978-84-09-65037-8. Pp: 59-67.

Owoicho-Abah K., Fontbonne A., Partyka A., Nizanski W. (2023). Effect on farm age on semen quality in domestic animals: potential for advanced functional and translational Research. Veterinary Research Communications. 47 (1) 1125-1137. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11259-023-10159-1>

Plaul S. E., Laube A., Fernando P., Raffin D. (2022). Sistema reproductor del macho. Editorial de la Universidad Nacional de la Plata (EDULP). 313-535. ISBN: 978-950-34-2195-6.

Puente M., Covelo I., Tartaglione M. (2022). Desarrollo testicular y su relación con la calidad seminal en caprinos cruza Anglo Nubian x Boer (Nubor). Rev. Inv. Vet. Perú. 33 (1). Pp. 1-7. DOI: <https://doi.org/10.15381/rivep.v33i1.20387>

Telésforo Soto A., Verano Gómez M. (2024). Reproducción en ovinos y caprinos, sincronización de selos e inseminación artificial. Editorial Universidad Nacional de la Plata. (Consultado en línea 10 de enero de 2026). ISBN: 978-950-34-2396-7 Libro digital:

https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/169315/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Tibary, A., Boukhliq, R., Allali, K. (2018). Ram and Buck Breeding Soundness Examination. *Rev. Mar. Ciencia Agròn Veterinario*. 6(2). 241–255.
- Torres P., Cartelle J., Malcevelli D., Sassano E., Cisale H., Fischman M.L. (2023). Determinación conjunta de funcionalidad de membrana acrosomal en espermatozoides de toro: Resultados preliminares. *Revista Taurus*. 98. 32-35
- Valle-Moysen E. D., Velez Monroy L. I., Ángel.García O., Gayan L. (2018). Influence of body condition upon the reproductive performance of male goats treated with testosterone in northern Mexico. *Revista Chapingo Serie Zonas Áridas*. 17 (1). Pp 15-25. DOI: [10.5154/r.rchsza.2017.12.015](https://doi.org/10.5154/r.rchsza.2017.12.015)
- Vera T. A., Ricarte A. R. (2009). Guía para la evaluación del semen de caprinos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria Centro Regional Catamarca. DOI: 10.13140/RG.2.1.2143.9125
- Verma, A., Tomar, M. P., & Sachan, V. (2025). Anatomy of the Reproductive System in the Buck and Doe. *Elements of Reproduction and Reproductive Diseases of Goats*, 3-12.