

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS



Tamaño testicular y concentración espermática de carneros Dorper durante  
las estaciones de verano e invierno

Por:

**Sebastián Haro Lavín**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Tamaño testicular y concentración espermática de carneros Dorper durante  
las estaciones de verano e invierno

Por:

**Sebastián Haro Lavín**

TESIS

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

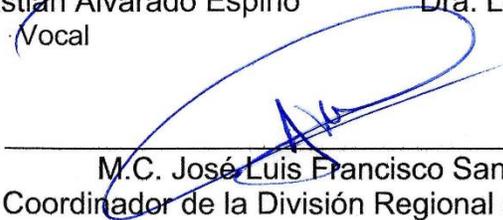
Aprobada por:

  
Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva  
Presidente

  
Dr. Oscar Ángel García  
Vocal

  
Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino  
Vocal

  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán  
Vocal Suplente

  
M.C. José Luis Francisco Sandoval Elías  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México Junio 2024

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS MÉDICO VETERINARIAS

Tamaño testicular y concentración espermática de carneros Dorper durante  
las estaciones de verano e invierno

Por:

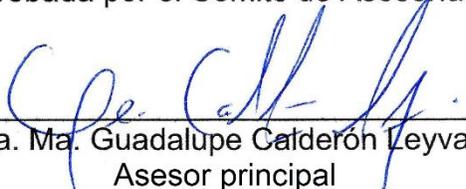
**Sebastián Haro Lavín**

TESIS

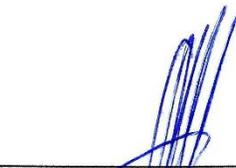
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

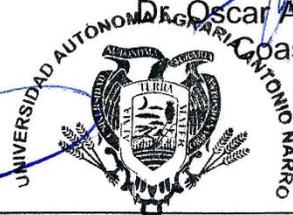
Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dra. Ma. Guadalupe Calderón Leyva  
Asesor principal

  
Dr. Alan Sebastián Alvarado Espino  
Coasesor

  
Dr. Oscar Ángel García  
Coasesor

  
M.C. José Luis Francisco Sánchez  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México Junio 2024

## **AGRADECIMIENTOS**

**A MIS PADRES** Abundio Haro Botello y Patricia Lavín Granados, por todo lo que hicieron por mí, para ser quien soy ahora y darme la posibilidad de hacer esto posible.

**A MI HERMANO** Ernesto Maximiliano Haro Lavín, por ser mi guía, un ejemplo a seguir que, con su apoyo y conocimiento, me permitió ser destacado.

**A MIS AMIGOS** Jesús Alfonso Medina Díaz y Jesús Guadalupe Novella Meléndez, personas que contribuyeron en mi vida desde la niñez y que siempre cuento con su apoyo.

**A MI MAESTRO** el Médico Veterinario Daniel Eduardo Ortiz Díaz, le agradezco por transmitirme todo su conocimiento, conocimiento que se aplica de la mejor manera.

**A MI ASESORA** la Doctora María Guadalupe Calderón Leyva, por darme la oportunidad de formar parte de su gran equipo, siempre destacando con su conocimiento y trayectoria.

**A MIS COLEGAS** Jozabed Gibran Gorgonio Gallegos y Giovanni Aguilar Valero, grandes personas que contribuyeron mucho en mi vida y en el trayecto de mi formación profesional.

**A todas aquellas personas** que una vez fueron parte de mi vida y que por un motivo u otro se alejaron o yo mismo aleje, pero estoy agradecido por esas vivencias y que acepto que son parte de mí.

## **DEDICATORIA**

**A MIS PADRES** Abundio Haro Botello y Patricia Lavín Granados, que todo aquello que hicieron por mí, se los voy a recompensar.

**A MI HERMANO** Ernesto Maximiliano Haro Lavín, con el tiempo aprendimos que podemos cambiar lo que hacemos, pero no podemos cambiar lo que queremos.

**A mis seres queridos** que una vez estuvieron en este mundo y mis mascotas que nos vimos crecer juntos.

**A MI AMIGO** Eder Manuel Esparza Cisneros, un gran amigo y una gran persona que vivimos muchas aventuras juntos.

# ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>INDICE DE FIGURAS</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	v
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 HIPOTESIS .....	2
1.2 OBJETIVO .....	2
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	3
2.1 IMPORTANCIA DEL GANADO OVINO EN MÉXICO .....	3
2.2 GENERALIDADES ANATÓMICAS DEL APARATO REPRODUCTOR DEL CARNERO .....	5
2.3 REPRODUCCIÓN OVINA .....	8
2.4 ENDOCRINOLOGÍA .....	13
2.5 ESPERMATOGÉNESIS.....	15
2.6 CALIDAD DE SEMEN.....	19
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	28
3.1 Lugar de estudio .....	28
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	31
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	33
<b>V. CONCLUSION</b> .....	34
<b>VI. LITERATURA CITADA</b> .....	35

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Introducción a la anatomía reproductiva del carnero	8
Figura 2. Fases de la espermatogénesis	19
Figura 3. Testículos sanos de carnero Dorper del CIPA-UL.	20
Figura 4. Morfología de un espermatozoide sano sin ninguna alteración y señalando sus partes	22
Figura 5. Representación gráfica de los tipos de espermatozoides con deformidades morfológicas	24
Figura 6. Materiales para el proceso de evaluación externa.	29
Figura 7. Epidídimos diseccionados y tubo eppendorf con muestra de semen.	30
Figura 8. Fotómetro utilizado en el CIPA-UL, para medir concentración espermática.	30
Figura 9. Circunferencia escrotal de carneros Dorper's durante las épocas del año Verano / Invierno.	31
Figura 10. Peso testicular de carneros Dorper's durante las épocas del año Verano / Invierno.	32
Figura 11. Concentración espermática de carneros Dorper's durante las épocas del año Invierno / Verano.	32

## **RESUMEN**

Para determinar en base a tamaño testicular y concentración espermática en carneros de raza Dorper en el Norte de México, evaluando la variable de estación verano e invierno, se manejó aproximadamente 150 pares de testículos post-mortem de dichos carneros entre los 7 a 8 meses de edad. Los testículos se identificaron con los datos del animal sacrificado, a su vez los datos de recolección y peso testicular. En laboratorio, los testículos fueron limpiados y diseccionados, de manera que el epidídimo sea separado del testículo, los espermatozoides se recolectaron haciendo una incisión en el tejido de la cola del epidídimo, en seguida se recolecta en un tubo eppendorf. Para la determinación de la calidad espermática se medirá la concentración, porcentaje de viabilidad, motilidad masal e individual.

**Palabras clave:** Calidad seminal, Variación estacional, Concentración, Invierno, Verano

## I. INTRODUCCIÓN

La ovinocultura en México, es una de las actividades pecuarias en desarrollo en diversas regiones, la práctica de ésta se ve influida por los recursos naturales de cada región y por el propio mercado. Así mismo, la producción ovina que se desarrolla en México es de importancia, debido que es un ingreso para familias, con esta práctica subsisten cubriendo gastos de productos básicos (Vázquez Martínez et al., 2018). La ganadería ovina se desarrolla bajo diferentes esquemas de producción: el tradicional, es implementado en zonas rurales del país con finalidad del producir para el autoconsumo; el intermedio, es donde los propietarios se enfocan en producir estándares de calidad y darse a conocer en el mercado; y, por último, el especializado, es donde se llevan a cabo buenas prácticas, se mantienen altos estándares de calidad y se implementa el mejoramiento genético (Calderón Cabrera et al., 2022). En los esquemas de producción especializada de ovinos, los factores reproductivos son uno de los de mayor interés (Córdova et al., 2014). Fluctuaciones del largo del día a través de las diferentes épocas del año (fotoperiodo) impactan en la reproducción en pequeños rumiantes, en machos, se puede reflejar a través de la disminución la calidad seminal (Córdova et al., 2014) y estimulación testicular, con cambios en la espermatogénesis y la propia eyaculación (Córdova Izquierdo et al., 2014). El fotoperiodo, estimula la secreción de la hormona melatonina, la cual tiene un gran impacto en el ciclo circadiano de algunas razas de carneros en su reproducción, a su vez actuando en la función del sueño y modula el envejecimiento (Zhao et al., 2019). En el ovino, al ser una especie que su reproducción se da por la estación, a través del fotoperiodo (va de los días cortos a noches más largas considerándose la duración de los días), existen factores que puedan alterar su periodo de reproducción en particular, la nutrición y raza, además, los climas también son clave a considerar en las zonas en donde su clima es templado pueden llegar a presentar su ciclo en primavera-verano, o bien en climas tropicales, en donde la cantidad de luz no se ve afectada y partes del mundo que su reproducción es todo el año (Kumar et al., 2017).

### **1.1 HIPOTESIS**

El tamaño testicular y la concentración espermática de los carneros Dorper difieren entre las estaciones de verano e invierno.

### **1.2 OBJETIVO**

Evaluar si existe diferencia del tamaño testicular y la concentración espermática de los carneros Dorper en las estaciones de verano e invierno.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTANCIA DEL GANADO OVINO EN MÉXICO

A cerca de los sistemas de producción se basa en el tamaño del rebaño (siendo uno de los más influyentes en el sistema), la producción de carneros y la compra de granos y forrajes o bien en cuanto a la producción de granos y forrajes. En relación con el resto del mundo, en México la ovinocultura es una de las actividades pecuarias de suma importancia, siendo que satisface las necesidades de la demanda de carne para el consumo humano y es una de las materias primas del país, desarrollándose en diferentes regiones, sin embargo, esta práctica se ve condicionada por los recursos y el mercado. Para que se tenga una buena estabilidad se debe determinar por condiciones, las cuales son un estatus socioeconómico, la superficie y acceso de terreno, contar con insumos y por último la tecnología que se utilice (Vázquez Martínez et al., 2018). La forma en que sean las unidades de producción en México es de suma importancia por ser un ingreso familiar que con la producción de cría de ovinos subsisten las familias mexicanas, dado con el mercado de la venta de crías una familia puede cubrir una despensa básica (Vázquez Martínez et al., 2018).

En México se utiliza la raza ovina Pelibuey, se trata de una raza mediana, que presenta pelaje en lugar de lana con tres diferentes coloraciones; esta raza no presenta grandes parámetros productivos, pero su gran valor es dado por la gran resistencia y adaptabilidad en cualquier región de México, más aún, por su rusticidad y a su alta fertilidad junto a prolificidad considerando su reproducción perene, viéndose que es muy semejante en los climas del sur y centro del país, puesto que su actividad reproductiva se ve reducida entre enero y mayo (Aguilar et al., 2017; Macías et al., 2015).

Por otro lado, la raza que se utiliza en el norte del país es el Dorper ya que su manejo es eficiente al igual que la raza Pelibuey, aquí la importancia es que sus carneros son destinados al mercado para barbacoa, siendo los Dorper la raza más común vista en el mercado, así mismo la raza Dorper su actividad reproductiva puede verse cambios por la duración del día en lo que va del año, pero siendo muy

común que puedan empadranar a lo largo del año, agregando su gran resistencia a los climas áridos del norte del país (González et al., 2014).

Sobre el mercado, en México el trabajar con ganadería ovina tiene un gran impacto en la producción de carneros ya que encontramos modelos de negocio dentro de los cuales Calderón-Cabrera et al. (2022), describen tres tipos de modelos; el tradicional, que se encarga de ofrecer productos con bajos estándares de calidad y sanidad, sin presentar alguna mejora genética del rebaño; el intermedio, donde el productor se enfoca o tiene una visualización en aplicar conocimientos técnicos; y por último es el especializado, donde aquí el productor lleva a cabo buenas prácticas de manejo y una mejor gestión productiva en su rebaño.

Además, el tipo de producción adyacente a un modelo de negocio, tenemos una producción tradicional, que en partes del norte del país se maneja con la enseñanza de los abuelos para que en el futuro aplicaran mismas actividades y poder subsistir y que los pequeños productores con la marcha logran combinar su conocimiento a uno más técnico aplicando manejo de los animales y lograr así vender a grandes mercados, más aún que esta industria es prácticamente en cruces de razas bajo condiciones de sistemas intensivos, semi intensivos y tradicionales (Estevez Moreno et al., 2019; Pulina et al., 2018).

### **2.1.1 Ganadería ovina en el mundo**

Con respecto a las ovejas, están tiene un gran papel en la industria y siendo animales pioneros en domesticación, da pauta a su importancia, brindando carne, productos lácteos, lanas y pieles. La oveja por su tamaño es más fácil en su crianza, fácil de mantener y sacrificar, estos factores le daban al ganado ovino popularidad puesto que la producción de carne a escala mundial ronda a los 9 millones (Mazinani & Rude, 2020). Otro rasgo es que la carne de ovino se encuentra en cuarto lugar. Estos pequeños rumiantes son tan rentables que con ellos se puede costear también el desarrollo de alfombra, tapicería y ropa, así pues, el ganado ovino por sus aportaciones su demanda es muy alta y esta va a en alza. Su potencial es tanto que en países en desarrollo lo están introduciendo por ser bastante prometedor para la industria, pero se necesita inversión, comercialización e

investigación para dar enfoque a su mejoramiento en manejo, nutrición y su control de enfermedades (Mazinani & Rude, 2020). También los productos derivados de la ganadería ovina es de importancia que estos cumplan estándares de calidad, debido a que, en el mundo, el consumo de esta especie se puede llegar a considerar cultura por ello el consumo debe de ser seguro e higiénico, por su alta demanda es muy apreciado en muchas regiones, el norte de Europa es una de ellas junto el norte de África o Asia central (Teixeira et al., 2020).

## **2.2 GENERALIDADES ANATÓMICAS DEL APARATO REPRODUCTOR DEL CARNERO**

Un elemento importante es considerar los órganos que se involucran para la reproducción, a medida que el animal está creciendo va desarrollando cada vez más dichos órganos, el resultado de su desarrollo culmina cuando el animal puede copular y dejar descendencia de su especie. En primer lugar, el aparato reproductor del macho involucra órganos y glándulas, para que se pueda fabricar los gametos del macho de modo que el espermatozoide sea depositado en aparato reproductor de la hembra (Frandsen et al., 2009). Cabe señalar que la composición del aparato del macho consta de dos testículos dentro del escroto, se presentan glándulas accesorias como lo son conductos y pene; en el escroto se brinda un entorno benigno para la producción y maduración de los espermatozoides; para la proporción de la fertilización del ovulo los órganos y glándulas que influyen el epidídimo, conducto deferente, uretra y pene (Frandsen et al., 2009).

### **2.2.1 Escroto**

Es el tejido cutáneo que recubre los testículos en forma de saco que da tamaño y forma de los testículos, en algunas razas de ovejas el escroto es recubierto de pelo y el escroto además brinda la termorregulación (Frandsen et al., 2009; Muñoz, 2019).

### **2.2.2 Testículos**

Son los órganos principales en el aparato reproductor dado que es encargado de la producción hormonal y función gameto génica; en particular con los pequeños rumiantes los testículos se encuentran en la flexión sigmoidea y el largo de los testículos es casi recta, alargado y colgante (Frandsen et al., 2009; Muñoz, 2019).

### **2.2.3 Epidídimo**

En el epidídimo compuesto por un conducto epididimal largo que conecta con el eferente, en el hospeda espermatozoides que con el paso de los días estos irán madurando previo a la eyaculación, en concreto los espermatozoides salidos de los testículos son inmaduros por lo que requieren de una maduración de promedio 10 a 15 días dentro del epidídimo; es preciso mostrar que el epidídimo cuenta con estructuras, la cabeza capta los espermatozoides cuando los conductos eferentes son vaciados para recibir los espermatozoides inmaduros, continuamos con el cuerpo o eje largo de los testículos encargada de la maduración y almacenamiento; en el caso de la cola aquí se encuentran los espermatozoides maduros en la espera de ser expulsados por medio de la eyaculación (Frandsen et al., 2009).

### **2.2.4 Conducto eferente**

En lo que toca, el conducto eferente es el que une la ret testis y el epidídimo, conduciendo los espermatozoides (Muñoz, 2019).

### **2.2.5 Conducto deferente**

A diferencia con conducto eferente, este conecta con la uretra, visto que el conducto presenta movimientos peristálticos sobre la eyaculación, siendo el transporte de epidídimo hasta uretra (Frandsen et al., 2009; Muñoz, 2019).

### **2.2.6 Glándulas vesiculares**

Acercas de las glándulas vesiculares son pares con forma de sacos alargados en forma de pera, fusiona con el conducto deferente en particular creando la eyaculación corta (Frandsen et al., 2009; Muñoz, 2019).

### **2.2.7 Próstata**

Con relación a la próstata evacua secreción dentro de la uretra originando una sustancia alcalina la cual le da el peculiar olor, contribuyendo con líquido al semen (Muñoz, 2019).

### **2.2.8 Glándulas bulbouretrales**

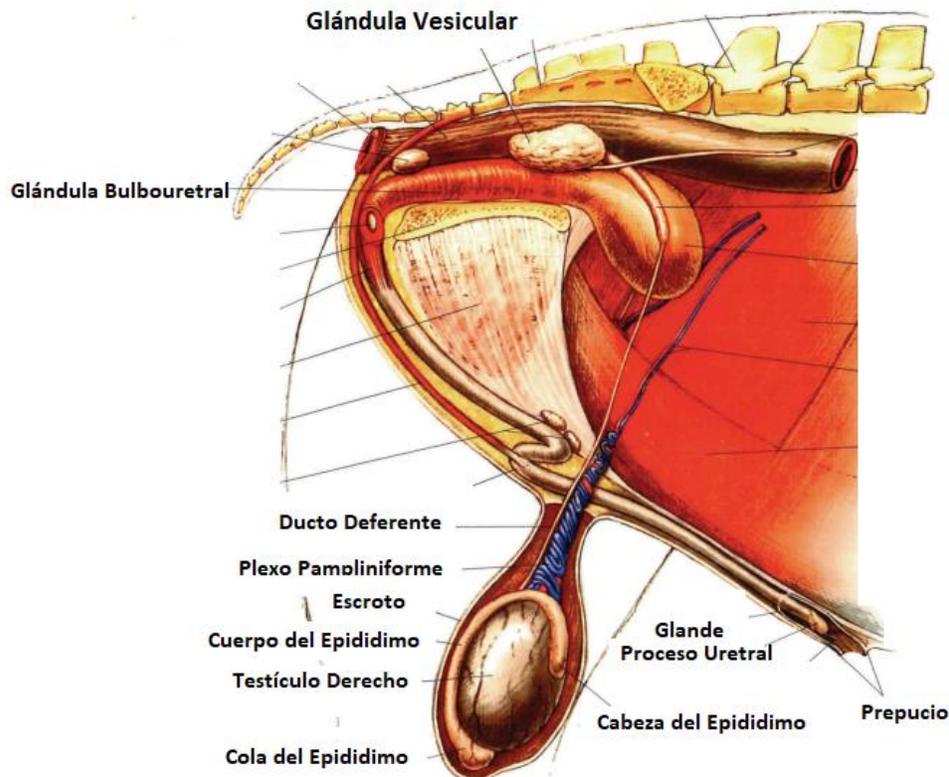
Son glándulas pares a cada lado de la pelvis, que se secreta en la uretra para una lubricación, interviene en la limpieza de la uretra para el transporte y expulsión de los espermatozoides (Muñoz, 2019).

### **2.2.9 Uretra**

Este órgano está vinculado al aparato urinario junto al reproductivo, por lo cual su función principal es la expulsión de orina y semen (Muñoz, 2019).

### **2.2.10 Pene**

Órgano del macho para proceder a la copula, este órgano está constituido por tres partes generales una es el glande, la contigua es el cuerpo y su raíz; dentro del pene su estructura es de tejido fibroelástico por los cuerpos cavernosos cuando estos se llenan de sangre producen la erección (Frandsen et al., 2009; Muñoz, 2019).



**Figura 1. Introducción a la anatomía reproductiva del carnero** (Modificada de Colegio de ciencias agrícolas, 2017).

## 2.3 REPRODUCCIÓN OVINA

La reproducción entendemos que es todo un proceso el cual va desde el hecho fisiológico, la interacción de hormonas y los factores ambientales se ven descompensados en ambos sexos por las temperaturas y su nutrición (Kumar et al., 2017).

### 2.3.1 Factores que intervienen en la reproducción

En relación a los diferentes cambios ambientales y los mecanismos de adaptación que el ganado ovino se ha acostumbrado, es decir, los productores que cuentan con ganado ovino en Torreón, ese ganado ya se encuentra adaptado bajo las condiciones ambientales que se presenta en este municipio. Más aun cuando el animal esta estresado se regula por liberación de hormonas como glucocorticoides que estas afectan negativamente a la reproducción (Córdova et al., 2014).

También hay que considerar para que allá una buena respuesta al estímulo de la reproducción es que el animal no pase calor a lo que se refiere al estrés calórico, la radiación junto al viento y la humedad son los factores que influyen a que el animal entre en un estado de estrés. En el caso de los machos el estrés calórico se ve reflejado en la baja calidad del semen de igual manera viéndose afectada la fertilidad, al exponerse a cambios de temperaturas altas la exposición que se encuentra con los testículos esta provocara que la espermatogénesis no cumpla con sus etapas del ciclo y mencionar que está estrechamente intimado a la calidad del eyaculado (Córdova et al., 2014).

Más aún cuando la temperatura ambiente afecta negativamente al pequeño rumiante, se ve comprometida la fertilidad, la termorregulación es una manera de como el ganado ovino se ve en la necesidad de adaptarse a las altas temperaturas en concreto aquí en el norte del país (Joy et al., 2020).

Por ejemplo, en el trabajo de Panyaborian et al. (2016), describen a un ejemplar dorper que fue importado de Sudáfrica y criado en la provincia Nakhon Pathom menciona que, si el clima es húmedo, la manera en que responderá el macho bajo parámetros reproductivos serán deficientes debido a que el factor que influye en el semen son los países tropicales y con ello su comportamiento sexual, producción y calidad de semen; todo esto disminuye en muchas otras especies.

Teniendo en cuenta los cambios ambientales hacia el efecto que tiene en la reproducción, una mala nutrición puede perjudicar el periodo reproductivo ya que el estrés que causa que el animal no coma y no beba agua adecuadamente y de buena calidad y a esto le adjudicas el estrés calórico, el animal entrara en un mecanismo para regularse donde el flujo de sangre que se dirige hacia los órganos reproductores bajen e implique menos cantidad de nutrientes y por ende baja la capacidad funcional de los órganos (Córdova et al., 2014). Los factores con relación a la reproducción estacional implican que el ovino presente respuestas bajo el entorno en el que vive más aun que los factores que afecta las características reproductivas también son asociadas al manejo, controlar estos factores puede garantizar un potencial para que el animal pueda reproducirse (Ajafar et al., 2022).

En concreto con el manejo reproductivo es importante que la interacción del empleado con el animal sea de mejor manera posible, debido a que influye el cómo se dé el manejo provocándole estrés al animal, los manejos que se emplean de forma innecesaria la oveja o carnero presentarán actitudes y mecanismos que afecte a la reproducción (Córdova et al., 2014).

En cuanto a la salud es el factor pionero de todos los factores que puedan tener un efecto negativo a la reproducción (a excepción de la temporada de reproducción), los resultados que se obtengan del ganado se verá reflejado con el rendimiento reproductivo y la productividad; aquí entra la importancia del médico veterinario y de investigadores para minorizar los factores que puedan desencadenar posibles enfermedades, el monitorear la salud del ganado para prevenir enfermedades y con ello una buena toma de decisión al respecto (Gavojdian et al., 2015).

### **2.3.2 Pubertad**

Ante todo, hay que destacar, que el momento que se toma el estudio del ámbito reproductivo de cualquier especie animal tenemos en cuenta la pubertad del animal, en este caso en particular nos referimos al ganado ovino.

La pubertad, es este el periodo en el cual el animal es apto para la copula, puesto que la hembra por primera vez tendrá su ovulación y en el caso del macho los espermatozoides en el eyaculado, asimismo los machos y hembras pueden llegar a la pubertad sin haber desarrollado completamente su crecimiento, pero no quiere decir que estén listos para la reproducción (Bazer, 2019). Así pues, la hembra no garantiza que su ovulación sea ajustada al primer celo, en el caso del macho no significa mucho su calidad y cantidad de espermatozoides en el eyaculado viéndose afectada su fertilidad (Bazer, 2019). El ganado ovino entra a la pubertad a los 6 y 18 meses de edad (aunque estas edades que se mencionan pueden variar dependiendo de la raza y su origen); en el caso de la nutrición animal también es factor a considerar para que este alcance su pubertad aunada a su edad (Bazer, 2019). Otro factor es la secreción hormonal, de modo que la capacidad del ganado ovino para reproducirse se ve regulada por la secreción de la hormona liberadora de gonadotropina (GnRH).

### **2.3.3 Estacionalidad- Fotoperiodo**

En el ovino, al ser una especie que su reproducción se da por la estación, a través del fotoperiodo (va de los días cortos a noches más largas considerándose la duración de los días), existen factores que puedan alterar su periodo de reproducción en particular, la nutrición y raza, además, los climas también son clave a considerar en las zonas en donde su clima es templado pueden llegar a presentar su ciclo en primavera-verano, o bien en climas tropicales, en donde la cantidad de luz no se ve afectada y partes del mundo que su reproducción es todo el año (Kumar et al., 2017).

En la actividad reproductiva estacional, el fotoperiodo es el que se encarga de dar señales necesarias para que tanto ovejas como carneros empiecen a expresar comportamientos reproductivos; la reproducción en la oveja entendemos que presenta una ovulación poliestrica estacional siendo la temporada de primavera la adecuada para parir (Kumar et al., 2017; Lévy et al., 2017). En los carneros, el fotoperiodo se ve más relacionado a la estimulación testicular, pero también es necesario considerar la nutrición ya que sin una buena nutrición no habrá buena respuesta hacia los estímulos reproductivos (Abecia et al., 2019).

La estacionalidad se ve afectada por factores endocrinos, por la producción de la hormona melatonina, la cual transmite a la oveja señales de fotoperiodo regulando la percepción del día y la noche (Kumar et al., 2017; Abecia et al., 2019). La melatonina también tiene propiedades que actúan en el pequeño rumiante en su control de la estacionalidad por predisposición del fotoperiodo a través de la secreción de la hormona (Cosso et al., 2021).

Pool et al. (2020), mencionan que al utilizar un carnero Poll Dorset con un tratamiento de melatonina aumenta la probabilidad de que el macho produzca una eyaculación, este es un manejo reproductivo en el cual se utiliza un tratamiento con melatonina.

En cuanto la reproducción de los ovinos o cualquier otro tipo de animales estacionales, un punto crítico que se enfrentan son las condiciones climáticas donde ya es mayor los lapsos cálidos y fuertes lluvias, la temporada de calor como de

lluvias dependerá mucho de la zona geográfica; como muestra en Torreón, Coahuila, México las temperaturas en verano son intensas y las lluvias en otoño son igual de intensas que el calor.

Así mismo las condiciones medioambientales los ovinos las perciben y como consecuencia su eficiencia reproductiva será negativa y lo experimentan por medio de un estrés calórico por efecto del cambio de temperatura alta, con un efecto colateral en la alimentación ya que se ve reducida (Kumar et al., 2017).

Con relación a los cambios de climas y sus temperaturas, la variación anual del fotoperiodo es la guía del animal para tener una actividad reproductiva. Es el fotoperiodo que da la señal para que empiece a gobernar el comportamiento reproductivo a través de la influencia de la luz que tanto machos y hembras perciben a través del ojo. Otro rasgo de la estacionalidad es la preponderancia del ciclo circadiano ya que el ganado ovino responde a la luz y oscuridad (Arroyo et al., 2016).

Por otra parte, los efectos del fotoperiodo en la reproducción disminuyen en latitudes bajas, es decir, las ovejas pelibuey en el centro de México no presentan anestro estacional y se reproducen todo el año, no obstante, en el noroeste de México la actividad estral se reduce en enero a junio (Arroyo et al., 2016); de forma similar en el sur de México donde el ganado ovino vive en climas tropicales, las hembras presentan una capacidad reproductiva todo el año, en cuanto a los machos presentaran una gran cantidad de espermatozoides (Nunes & Salgueiro, 2011).

Para ilustrar que el fotoperiodo tiene la mayor contribución en la reproducción tenemos que en Colombia no hay estaciones, pero si temporadas de lluvias de abril a mayo y octubre noviembre respectivamente, el periodo seco va junio a agosto y diciembre febrero cabe señalar que esto conlleva factores de pérdida de calidad seminal (viéndose reflejado en la reproducción), los días de periodo seco y el aumento de temperaturas hace que haya una dificultad de termoregular la temperatura del escroto (Pabón & Pulido, 2021).

Otro rasgo de comparación son las razas que su ciclo de fotoperiodo se origina latitudes mayores a 40° Norte, su periodo reproducción inicia en días cortos y

noches largas, y las razas que su origen es a latitudes de 35° Norte, estas tienen un periodo de anestro y otra porción de ovejas espontáneamente (Pampori et al., 2018).

En el caso de la producción de carne de ovino pelibuey, las regiones de climas húmedos en México tienden a ser baja la producción por falta de forraje y con ello pérdidas de peso para el ganado ovino (Aguirre et al., 2021).

## **2.4 ENDOCRINOLOGÍA**

El objetivo principal del sistema endocrino es la regulación de funciones que ocurren en el cuerpo del animal, en concreto en la reproducción. En vista de que la hipófisis, principal órgano endocrino, dado que produce algunas hormonas que tiene efectos colaterales que son influidos en las diferentes actividades endocrinas. En particular la adenohipófisis encargada de secretar hormonas importantes para la reproducción; hormonas denominadas somatotropinas, gonadotropinas y prolactina, entre otras. Así que en los machos su estimulación y actividad se ve regulado por una retroalimentación de la adenohipófisis y los testículos (Muñoz, 2019).

Además de las estructuras anatómicas de la hipófisis y la adenohipófisis, fundamentales para que el carnero sea óptimo para poder reproducirse, empero la glándula pineal tiene un gran papel en los carneros para que puedan reproducirse, que es la producción de la melatonina.

### **2.4.1 Melatonina**

La melatonina es una hormona que es secretada por la glándula pineal y por la percepción de la luz hacia la retina en un ciclo circadiano; tiene la singularidad de poseer un efecto en el ciclo circadiano (fundamental para algunos carneros en su reproducción), más aún, la melatonina es secretada como la hormona del sueño y vigilia, teniendo efectos hasta en el cerebro e hipófisis (Muñoz, 2019; Shayestehyekta et al., 2022).

En el caso de los carneros, que su reproducción está subyugada por la percepción de luz a lo que podemos referir al fotoperiodo, esto siendo fundamental

para que la melatonina haga su función de acuerdo en la época del año; siendo más específicos, en la ciudad de Torreón Coahuila la reproducción de carneros comienza cuando los días son largos y noches cortas, en otras palabras, su temporada reproductiva comienza en primavera- otoño.

Partiendo de la idea que es clave para la reproducción y el fotoperiodo, teniendo en cuenta que la liberación de la melatonina conlleva a la secreción de Hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH), teniendo acción a los impulsos del fotoperiodo de los carneros y respondiendo en periodos cuando la secreción de la melatonina aumenta (Muñoz, 2019). Además, la hormona tiene grandes propiedades, es decir, las reproductivas encargadas de regular la estacionalidad de los ovinos, la melatonina facilita la función del sueño, actuando como antiinflamatorio y ser capaz de modular el envejecimiento (Zhao et al., 2019).

El siguiente punto trata de como la melatonina puede influir en la viabilidad de los espermatozoides del epidídimo recuperados post mortem, todavía cabe señalar que la melatonina puede ser una alternativa para la conservación post mortem de espermatozoides del epidídimo en un estudio realizado por Shayestehyekta et al., (2022), señalan que un tratamiento con melatonina puede ayudar a la conservación de espermatozoides viables, esos tratamientos implican que los espermatozoides hayan sido recuperados en condiciones normales y con el menos estrés oxidativo posible, para que estos tratamientos se vean favorecidos en su conservación a 4°C en tiempos de 24, 48, 72 horas.

#### **2.4.2 Hormonas reproductivas**

Sobre las hormonas que están involucradas al momento de la reproducción, además de la melatonina, son aquellas que coordinan las gónadas, la regulación que ejercen estas hormonas es a través de las gonadotropinas circulantes, estas hacen que esporádicamente controlen la liberación de hormona luteinizante (LH), teniendo en cuenta que esta no es la única hormona que es liberada, continua con la hormona folículo estimulante (FSH) por la adenohipófisis, mientras que el control de la hormona hipotalámica que es la liberadora de gonadotropina (GnRH) (Norris, 2007).

### **2.4.3 GnRH**

Es la hormona que controla la función gonadal a través de los estímulos y secreción de gonadotropinas hipofisarias, siendo estimuladas la FSH y LH (A. S. Muñoz, 2019; Norris, 2007).

### **2.4.4 FSH**

Esta hormona se encarga de dar origen la espermatogénesis e inhibina por las células de Sertoli, mientras que secreta proteína transportadora de andrógenos que actúa en acumulación de testosterona (A. S. Muñoz, 2019; Norris, 2007).

### **2.4.5 LH**

Encargada de secretar andrógenos por las células de Leydig, siendo la estimulación en la conversión del colesterol a pasar en testosterona, así mismo, los andrógenos son difundidos por vía sanguínea y linfa para ser fijados a las proteínas transportadoras de andrógenos (A. S. Muñoz, 2019).

### **2.4.6 Andrógenos**

En cuanto a los andrógenos se complementa con el origen de espermatogénesis y la FSH, también ejerce estímulos a la próstata, por consiguiente, incita a caracteres sexuales complementarios (Norris, 2007).

### **2.4.7 Inhibina**

Sobre la inhibina es la encargada de inhibir la descarga de FSH, siendo el inhibidor con más vigor para la secreción de esta hormona (A. S. Muñoz, 2019; Norris, 2007).

## **2.5 ESPERMATOGÉNESIS**

Acerca de la espermatogénesis, es el proceso por el cual los espermatozoides se desarrollan en el interior de los testículos, siendo este un proceso complejo; más aún que en su desarrollo tienen etapas para que estos se consideren maduros, en el punto de su producción ilimitada de espermatozoides en lo que es la vida adulta del macho (Dobrinski, 2006). En este proceso subexisten dos células, una siendo el pionero de la generación de células somáticas y las células germinales encargadas de la descendencia (Nishimura & Hernault, 2017), en concreto este proceso parte de una raíz el cual es la célula madre espermatogonia, que tiene el potencial para que esta

produzca los bienes diferenciados, los que se representan como células hijas, es decir los que se formaran a espermatozoides (Dobrinski, 2006).

Al ser un proceso de diferenciación celular, las espermatogonias desde que inicia su división mitótica, ya se encuentra en formación los espermatocitos, una vez que pasen su fase de división se convertirá en espermátida y por último la célula pasa a ser provista de una cabeza y una cola, esta transformación celular es la que se le denomina espermatogénesis (Allende & Arisnabarreta, 2018).

En particular la espermatogénesis tiende a ser el proceso de suma importancia en la reproducción del macho, tomando el papel en la interacción entre las células germinales y un buen desarrollo testicular, como resultado de un correcto desarrollo germinal su material genético será potencia para la espermatogénesis, dado que su proceso es muy detallado en la multiplicación y en su diferenciación de células germinales, de modo que la producción de espermatozoides se da en los túbulos seminíferos (Staub & Johnson, 2018 y Yang et al., 2021); es así que, el prorrogar la duración de las espermatogonias a espermatozoides está íntimamente relacionado y regulado por excitaciones endocrinas (Oduwole et al., 2018).

Por lo que se refiere, el carnero, igual que en la mayoría de las especies el proceso de la espermatogénesis cursa tres etapas, siendo estas la pre-meiótica, meiótica y finalmente post-meiótica, con una duración de ciclo de 10.6 días, y una duración total de 47.7 días; no obstante, estas características pueden variar según la especie (França et al., 2005).

### **2.5.1 Fases de la espermatogénesis**

Otro punto es como están relacionadas las fases de la espermatogénesis con las hormonas en el eje hipotálamo-pituitaria-gonadal, siendo la base en el macho para la correcta producción de testosterona, considerando la espermatogénesis por las hormonas gonadales, una es la hormona luteinizante (LH) y hormona folículo estimulante (FSH). En concreto las células testiculares de la LH tiene como objetivo las células de Leydig, en lo que respecta las FSH su objetivo es células de Sertoli, que se ubican en los túbulos seminíferos, esta producción de hormonas ayuda a la nutrición y mantenimiento de la espermatogénesis, así que, la testosterona y FSH

son las encargadas de regular la espermatogénesis y siendo indirecto con las células de Sertoli (Oduwole et al., 2018).

### **2.5.2 Fase Mitótica**

Es la fase donde las células germinales empieza su ciclo de múltiples divisiones mitóticas que aumenta el potencial de la espermatogénesis y poder restablecer las células madre, ya que se producirá espermatogonias y espermatocitos primarios (Staub & Johnson, 2018). Así mismo, esta primera fase es la más importante de la espermatogénesis, debido a la proliferación de espermatogonias mediante la división mitótica, de manera que las espermatogonias que son inmaduras se dispongan en la periferia de los túbulos para que las divisiones mitóticas sean transportadas hacia el interior a lo largo de cada túbulo (Larson et al., 2018), en el caso del proceso espermatocitogénesis, las células germinales participan en la primera mitosis que genera espermatogonias, donde se proliferan varias divisiones mitóticas en cadena para la producción de espermatocitos (Staub & Johnson, 2018).

### **2.5.3 Fase Meiótica**

Por lo que se refiere a meiótica, los cromosomas son condensados y cuando los cromosomas presentan similitud se aparean, recombinándose; así hasta haber dos rondas de división celular produciendo gametos haploides (Larson et al., 2018). En el momento que son diferenciadas las células germinales, dado que las dos divisiones son diferentes una con respecto a la otra, la cual la división que es de reducción, encargada de que los cromosomas se vean reducidos en números y este separe los cromosomas que son similares, así mismo, los cromosomas X e Y son los que solo se aparean y recombinándose en una pequeña región, previamente del apareo los cromosomas se silencian mediante una inactivación meiótica de los cromosomas sexuales y sujetos a un dominio celular llamado cuerpo sexual, encargándose de inactivarlos en el proceso de la meiosis (Larson et al., 2018); con respecto a la segunda división, esta es la división ecuacional que se encarga de separar las cromátidas hijas, a causa de la meiosis, permite la producción de espermatidas redondas (Staub & Johnson, 2018).

### **2.5.4 Fase Post-meioítica**

En cuanto a las células producidas durante la meiosis, las espermátidas presentan una diferenciación durante esta fase, además el ADN que está altamente condensado y su morfología como espermatozoide maduro, la adquieren en el proceso de espermiogénesis (Larson et al., 2018). Puesto que, el proceso de la espermiogénesis es que las espermátidas se comprenden de unas complejas transformaciones para ser formadas a espermátidas alargadas teniendo una diferenciación entre espermátidas de elongación a pasar con morfología de cabeza y cola (Allende & Arisnabarreta, 2018; Staub & Johnson, 2018); cabe de señalar que Barth & Oko (1989), describen el proceso por cual la espermátida es provista de morfología: el primer paso es la formación de espermátida redonda, para llegar hacer un granulo acrosómico, a las espermátidas que empiezan siendo redondas con el crecimiento van formando capuchón, en el cual el acrosoma y el núcleo sufren las mayores transformaciones; transformación profunda, de condensación y elongación hasta llegar a su etapa de maduración. Más aun las espermátidas ya completando su diferenciación que es el proceso altamente complejo, esta maduración la comprende de flagelo, cuello y su forma del núcleo. De manera que, el desarrollo que lo comprende es de alta especialidad y es ahí donde muchos genes son expresados en la fase post-meiótica (Larson et al., 2018).

Por todo esto, la última etapa es el desarrollo de la liberación de espermatozoides, la espermiación, concluida la espermiogénesis, los espermatozoides son transportados a los túbulos seminíferos donde comprenderán un último paso, la migración al epidídimo y después la eyaculación, cabe señalar que esto último hace que pierda la gota citoplasmática, también no todos los espermatozoides eyaculados tienden hacer morfológicamente sanos (Allende & Arisnabarreta, 2018).

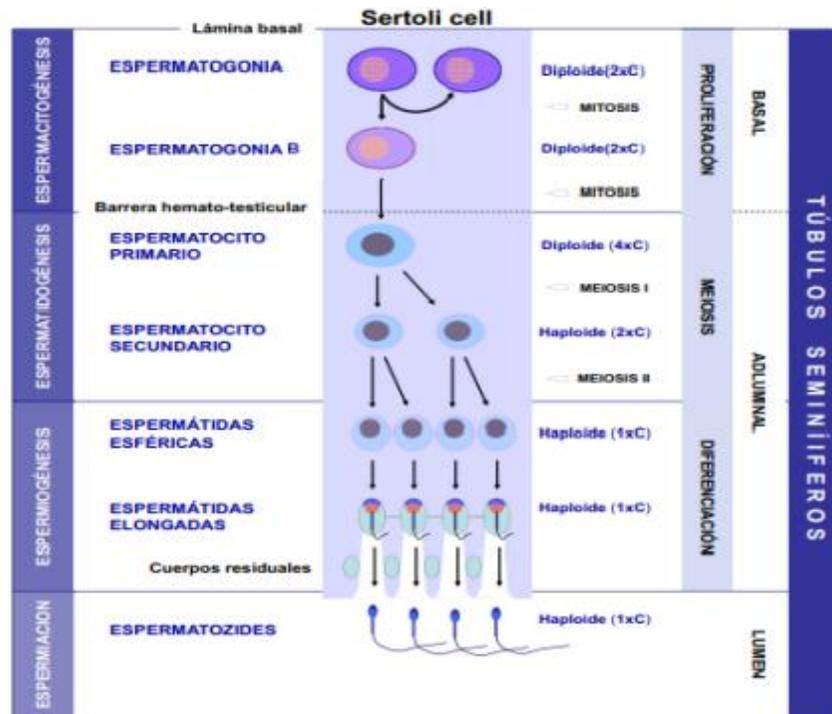


Figura 2. Fases de la espermatogénesis (Tomado de García, 2022).

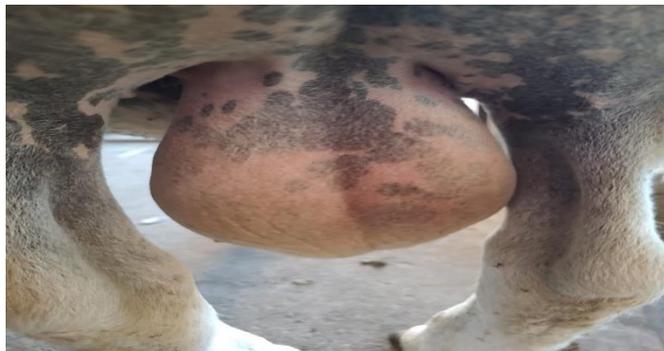
## 2.6 CALIDAD DE SEMEN

Acerca de la calidad seminal se cuenta con varios aspectos a considerar, dado que esta calidad puede ser desde problemas físicos como medio ambientales, primeramente vamos a catalogar este análisis de exterior a interior, entonces teniendo como base la exterioridad, que es lo que debemos considerar a simple vista en el carnero; la condición corporal es importante en su pubertad en caso de que el carnero de inicio a su etapa reproductiva; en segundo lugar nos vamos un poco más específicos de lo que queremos, siendo los órganos reproductores externos, esto lo más importantes en la determinación de la calidad, los cuales son escroto, testículos, pene y prepucio; continuamos para finalizar con un examen físico general.

### 2.6.1 Examen físico externo general

En relación con lo anterior la condición corporal marca un índice de 1 a 5 puntos, para que el carnero sea considerado apto en la reproducción debe rondar en 3.5 puntos, ya que al final de la temporada reproductiva pierden peso por la actividad (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021); en cuanto un examen reproductivo visual

para una buena consideración de calidad de semen, es primordial revisar el escroto el cual debe de ser suave al palparse, alguna alteración en él puede verse afectado en los cambios de termorregulación, los testículos al ser los de grande importancia deben tener una circunferencia escrotal simétrica nada de alguna asimetría o la ausencia de uno o ambos (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021); así pues en cuanto el pene y prepucio no deben presentar alguna alteración y que no impida la entrada y salida del pene, y que el carnero no tenga dificultades al orinar, debido a que el pene como funciones es la expulsión de la orina y la eyaculación con deposición de semen en la vagina de la oveja. (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021)



**Figura 3. Testículos sanos de carnero Dorper del CIPA-UL.**

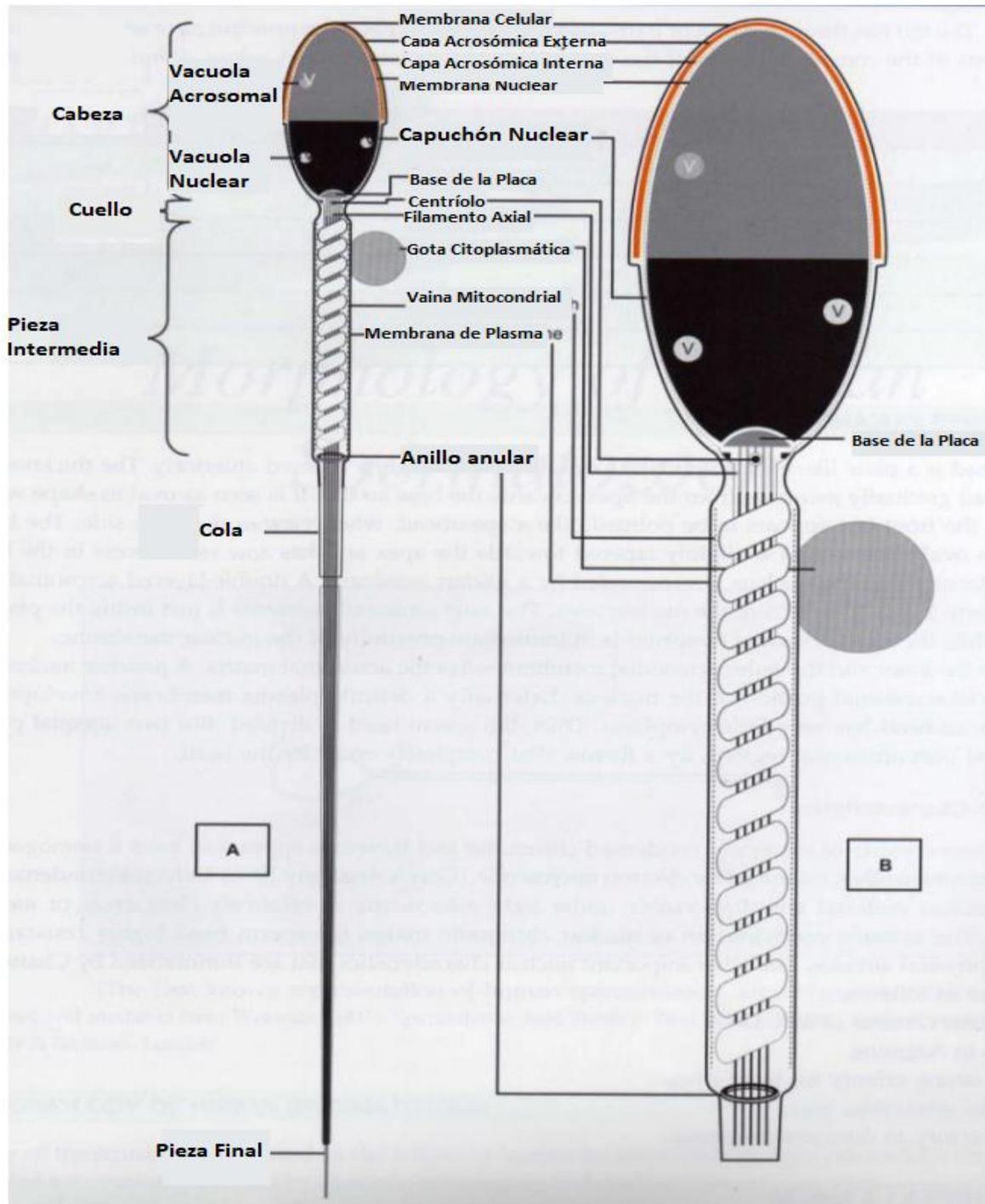
### **2.6.2 Examen interno general**

En el caso de la evolución interna la cual aquí dependerá mucho de lo exterior, que podemos encontrar aquí, la morfología de los espermatozoides. Un espermatozoide de calidad es aquel que no presenta ninguna anomalía en su estructura en lo que es su cabeza (cabeza ovalada), cola (una cola larga), cuando se presente una alteración es lo que afecta la intensidad del transporte para llegar al ovulo y ser penetrado (Carvajal Serna et al., 2022). Por otro lado, la manera en la que hay que estandarizar una evaluación de espermatozoides es la utilización de diferentes especies para determinar diferenciaciones en cuanto es su tamaño de muestra, en base a su tamaño, las características morfológicas que se pueden observar bajo microscopio determinaran indicadores de fertilidad; en el caso de morfología normal

tienen un gran efecto positivo sobre la fertilidad, mientras que los de morfología anormal cuenta con una clasificación dependiendo de su estructura, si son defectuosos de cabeza, cuello y cola (Molla et al., 2021). Es importante señalar que existe un análisis que determina la morfología de los espermatozoides; el análisis de morfología espermática (ASMA) que Molla et al., (2021), lo describen como el sistema que clasifica los espermatozoides normales y anormales, con una mayor exactitud y precisión en la morfología de los espermatozoides.

Así mismo las valoraciones particulares y específicas de cada aspecto que involucre el espermatozoide y la eyaculación, por ello el volumen que este eyacula de 0.5 a 2.0 ml para los carneros experimentados y lo carneros jóvenes una cantidad eyaculada de 0.5 a 0.7 ml; con respecto a la concentración de espermatozoides por eyaculado se estima por ml una concentración  $3.5 \times 10^9$  a  $6.0 \times 10^9$  con una viabilidad en masa de 1 a 5, el color es meramente importante y este tiene un característico en particular un blanco lechoso con un olor asociado al cloro (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021).

Dado que la calidad de semen es el factor más importante en la reproducción y puesto a que la mejor forma para determinar los valores de calidad y fertilidad será por medio de un análisis de semen, sin embargo los datos que son proporcionados por el análisis será una predicción de la fertilidad al ser un método analítico está sujeto a una complejidad por diferentes circunstancias al momento de los análisis, por ello se estiman parámetros de calidad de los espermatozoides (Molla et al., 2021).



**Figura 4. Morfología de un espermatozoide sano sin ninguna alteración y señalando sus partes. (Modificada de Sarabia, 2021).**

De forma semejante el estrés en los carneros afecta a los parámetros del examen interno general, debido a una baja calidad del esperma lo que lleva a una baja fertilidad en las hembras, los afectados son los testículos ya que a altas

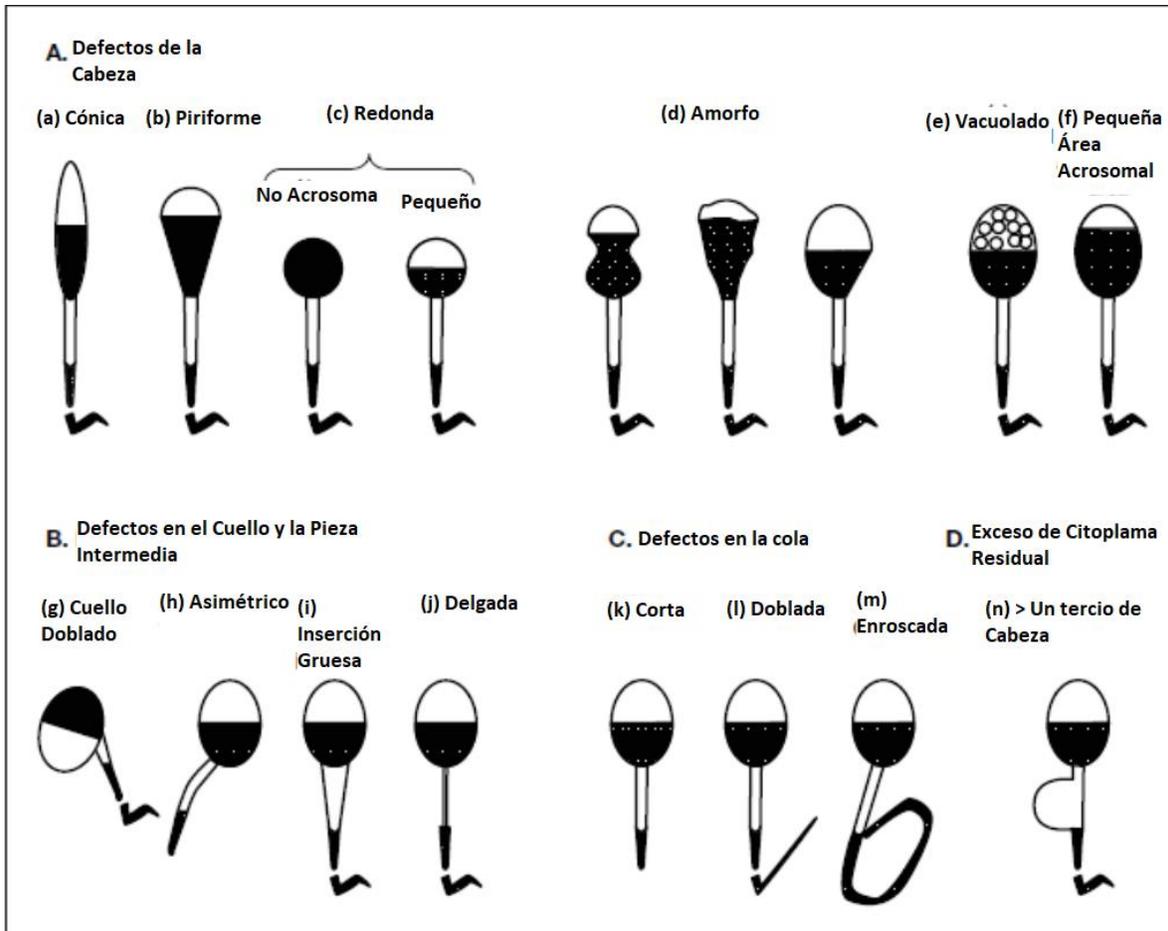
temperaturas provoca cambios en la espermatogénesis y con su relación a la eyaculación (Córdova Izquierdo et al., 2014).

En cuanto a la morfología como ya se describió anteriormente, tenemos el caso de evaluar los espermatozoides vivos por medio de laminillas bajo microscopio, una tinción de coloración rosada en el cual los espermatozoides que están vivos son los que no se tiñen, pero los que son teñidos son los muertos y podemos llegar a observar malformaciones en su morfología (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021).

Por otra parte, la motilidad del espermatozoide se observa mediante microscopio, colocando una gota de semen en una laminilla y se observa con el objetivo 10x.

Más aun que el espermatozoide tiene la capacidad de moverse paulatinamente por el epidídimo, su motilidad es fundamental para que el espermatozoide tenga la capacidad de penetrar el ovulo, sin embargo, no quiere decir que por presentar una buena calidad de motilidad el espermatozoide sea fértil. Dentro de esta motilidad se puede observar una motilidad individual donde en ella se evalúa con una puntuación del 1 a 5, este se interpreta como el espermatozoide se está moviendo si es con mucho vigor, si bien es ondulante el movimiento o completamente está muerto (Allende & Arisnabarreta, 2010).

Acerca de su volumen es bueno saber que la estimación está relacionada en base al peso, ya que este parámetro es sumamente arbitrario que va des de 0.7ml a 1ml, pero en ocasiones llegando hasta los 3ml, la concentración puede variar en 2000 a 6000 millones de espermatozoides/ml; así que su calidad se verá reflejada cuando el carnero alcance su madurez sexual aun cuando este haya pasado la pubertad (Allende & Arisnabarreta, 2010). Por ende, una vez que la recolección de semen se haya realizado se observa el volumen total y teniendo en cuenta que este parámetro de calidad severa afectado las veces que el carnero haya eyaculado (Pool et al., 2020b). Por el contrario, entre la primera y segunda eyaculada del carnero tendrá mejores factores de calidad, pero predominando una mayor motilidad en su segundo eyaculado (Smercheck et al., 2018).



**Figura 5. Representación gráfica de los tipos de espermatozoides con deformidades morfológicas (Modificada de Sarabia, 2021).**

### 2.6.3 Calidad de semen Post mortem

Con relación a una evaluación de semen, tenemos como alternativa una extracción de semen por epidídimo post mortem de los testículos de carneros sacrificados para una práctica de criopreservación de una raza o línea genética y valoración de su viabilidad e incluso se puede considerar un criobanco de semen.

He aquí la importancia post mortem en la ganadería, cuando contamos con algún carnero seleccionado es de interés la conservación de los gametos, la pérdida de algún ejemplar genéticamente valioso, la recuperación de los espermatozoides del epidídimo de los testículos del carnero muerto, en particular logra una viabilidad prolongada, el rescate del semen es conservado en un estado líquido o bien congelado, así mismo el almacenamiento de los testículos tiene efecto sobre su

motilidad por el enfriamiento, por ello el almacenamiento de los testículos para una muestra de semen tiene un efecto significativo (Ntemka et al., 2018); Bergstein et al., (2018) describen que la principal ventaja de enfriar el semen en su fase líquida previene daños asociados con el congelamiento, asegurando que la viabilidad del semen sea mayor. No obstante, Wachida et al., (2019), durante la refrigeración de epidídimo con un almacenamiento de 0, 6, 12, 24, 48 horas prueba que, el porcentaje de motilidad en un almacenamiento disminuye con el pasar de las horas pero sin presentar diferencias significativas con respecto de las 24 a 48 horas, en cuanto su concentración espermática sus diferencias en almacenamiento se presenta entre las 0 y 6 horas después de ser almacenadas y por último se cuenta con la viabilidad de los espermatozoides donde su diferencia es significativa fue a partir de las 48 horas de almacén.

Por otra parte, para poder pronosticar una buena calidad de semen después de una extracción de los espermatozoides post mortem se utiliza un pequeño examen de evaluación, únicamente se toma una gota semen del carnero del cual hay que analizar, lo siguiente es colocar en un portaobjetos y observar bajo microscopio, cabe señalar que esta pronosticación se evalúa de 1 a 5 (1 son movimientos nulos y 5 movimiento de ondas y remolinos notables); su evaluación es subjetiva, debido a que se analiza los movimientos rápidos de las ondas y remolinos de los espermatozoides. De modo que esta hay que tomar discreción cuando se va estimar la calidad del semen mediante esta evaluación (David et al., 2018).

Además, aun estando muerto, los espermatozoides pueden ofrecernos una última posibilidad de preservación, pongamos por caso a lo mencionado Bergstein et al., (2018) que se demuestra posibilidades de recuperar espermatozoides viables de la cola del epidídimo, tanto en toros, perros y carneros. Su material genético obtenido del epidídimo es peculiarmente importante tras la muerte del macho reproductor o en caso de ser una especie en peligro de extinción (Bergstein et al., 2018). Conviene destacar que para que esta preservación y viabilidad de los espermatozoides tiene que estar en refrigeración el epidídimo a una temperatura de 5°C, el objetivo de su enfriamiento es prolongar la capacidad fecundante de los espermatozoides con esta

alternativa de refrigeración se minimiza su motilidad (Nunes & Salgueiro, 2011); previo a su recuperación los espermatozoides su periodo de viabilidad aumenta, en los carneros cuando el epidídimo es refrigerado los espermatozoides no presentan algún cambio durante las 24 horas post mortem (Bergstein et al., 2018). Esta viabilidad se verá reducida mientras el tiempo post mortem aumenta.

Con respecto al tiempo de la muerte del animal, los valores de la muestra y su tiempo post mortem es importante para la utilidad del epidídimo; La cantidad de tiempo que es transcurrido post mortem ha sido examinado debido a que en los carneros a las pocas horas post mortem su fertilidad se ve reducida (Álvarez et al., 2018). En cuanto la temperatura que se presente en el ambiente el carnero tendrá una reacción no favorable, si el carnero presenta inquietud por el calor esto aumentara la temperatura del escroto, desencadenando degeneración testicular llegando a la disminución de su fertilidad desde una mala calidad seminal o la subfertilidad (Reis et al., 2018).

Así mismo tenemos que considerar el transporte cuando se vaya a realizar la evolución de los testículos o epidídimo de los carneros, durante su transporte se puede considerar una temperatura ambiente o mantenerlos frescos (Álvarez et al., 2012). Los testículos tendrán que mantenerse con una refrigeración entre 4 y 8 °C, de lo contrario con una temperatura ambiental alrededor entre los 22 y 28 °C, con un tiempo de transporte que oscile de 2 horas post mortem, para que no tenga ningún efecto sobre la calidad del semen (Mujitaba et al., 2022).

También al momento de hacer la recuperación de espermatozoides post mortem las condiciones que están presentes a la hora de su extracción y manejo son las condiciones de temperatura y su tiempo post mortem, a su vez el almacenamiento de los testículos para tener la muestra fresca para que no haya alguna complicación en su espera para ser transportados (Ntemka et al., 2018). Durante su transporte los espermatozoides pueden seguir su ciclo de maduración, cuando los espermatozoides son maduros estos tienen una vida corta, pero pueden permanecer viables y fértiles durante semanas, además en el entorno del epidídimo es el mejor para su conservación, y en la cola que se encuentran los

espermatozoides fértiles durante su extracción se puede llegar a la cantidad de un eyaculado vivo (Fernández et al., 2014). Igualmente Gonzalez et al., (2022), aclaran que la recolección de los espermatozoides de la cola del epidídimo en los animales post mortem tienen la capacidad de ser fecundantes, para ser más específicos, la cola del epidídimo es 10 veces más fértil que la propia cabeza del epidídimo.

Con respecto a los análisis de calidad y los procedimientos que se emplean para su buen manejo de los testículos, otro rasgo a considerar es una vez valorado la calidad del semen del carnero continuamos con, que tan fértiles son.

Dado que la fertilidad ovina está íntimamente involucrada con las influencias estacionales que presenta el carnero como son, cambios en el tamaño de los testículos y la cantidad de producción de espermatozoides y si a esto se le añade que la estación reproductiva no es la indicada tendemos que los parámetros de fertilidad son bajos o completamente nulos (Mendoza et al., 2021).

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de estudio**

El estudio se realizó con los pares de testículos de ovinos criados en una unidad de producción intensiva, ubicada en el ejido Granada municipio de Matamoros, Coahuila (25°38'26"N 103°15'48"O). Su sacrificio fue realizado en la misma unidad de producción, por otro lado, las medidas testiculares y el análisis de la concentración espermática se realizó en el CIPA-UL (Centro de investigación en Producción Animal, Unidad Laguna) de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

##### **3.1.1 Animales y su manejo**

Se manipularon 171 pares de testículos de carneros de la raza Dorper de entre 7 a 8 meses de edad, con un peso vivo aproximado de 40 kg y saludables ante un examen físico; la condición corporal de los carneros empero en 3.5 unidades (índice de 1 a 5 puntos) considerados apto para su reproducción (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021).

Los testículos en su bolsa escrotal, se estuvieron recogiendo durante verano e invierno, inmediatamente después del sacrificio, se identificaron los pares de testículos con el número del carnero, peso y edad; se colocaron en bolsas de plástico, teniendo ya preparado una hielera atemperada a 37°C aproximadamente para su traslado al CIPA-UL.

##### **3.1.2 Proceso de evaluación externa**

En el laboratorio se sacaron los testiculos de las bolsas de plástico se limpiaron los residuos de sangre y se procedio a realizar una exploración externa considerandolo que tanto los testículos como el escroto deben palpase suaves, siendo este aspecto el principal, dado que si se encuentra algún trastorno puede verse afectado el análisis espermático, en el caso de presentar alguna deformidad en su estructura, ya sea alguna asimetría escrotal, es indicativo de un posible sesgo en toma de muestra (Pabón Quevedo & Pulido Medellín, 2021).

Posteriormente, los testículos sin anomalías se colocaron en una báscula digital para registrar su peso (g) y con ayuda de un escrotímetro medir la circunferencia escrotal (cm).



**Figura 6. Materiales para el proceso de evaluación externa de los testículos.**

### **3.1.3 Proceso de disección y evaluación de la concentración espermática**

Luego de limpiar el escroto, se procedió a separar la túnica albugínea, con la precaución de no dañar el testículo ni el cuerpo del epidídimo, se realizó una disección frontal de la cabeza del epidídimo con el apoyo de un bisturí, durante la preparación del corte se colocaron unas pinzas hemostáticas Kelly curva para que se hiciera presión en la cabeza del epididimo y poder tomar una mayor cantidad de muestra, con el mango del bisturí se separaron los vasos que irrigan la cabeza del epidídimo y se utilizaron toallas secantes para obtener la muestra del semen más limpia sin que se contaminara con sangre; el semen recuperado fue colocado en un tubo eppendorf graduado (1.5 ml).



**Figura 7. Epidídimos diseccionados y tubo eppendorf con muestra de semen.**

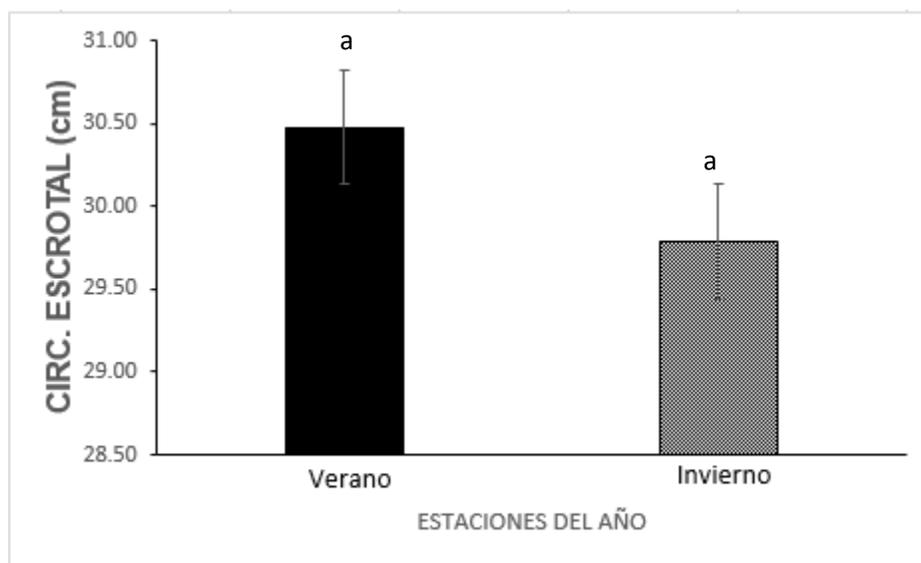
Enseguida de la técnica de disección y extracción del semen se procede a la evaluación, se midió el volumen obtenido directamente del tubo eppendorf, también se determinó la concentración espermática ( ) utilizando el fotómetro (Spermacue, 12300/0500 Minitab, Landshut, Germany), en el cual se coloca una gota (10  $\mu$ l) de semen con una micropipeta, la gota debe de ser tomada de la parte más profunda del tubo de eppendorf debido a que los espermatozoides muertos se encuentran en la parte más proximal del tubo (al morir el espermatozoide flota), mientras que los vivos se encuentran concentrados en la parte distal del tubo.



**Figura 8. Fotómetro utilizado en el CIPA-UL, para medir concentración espermática.**

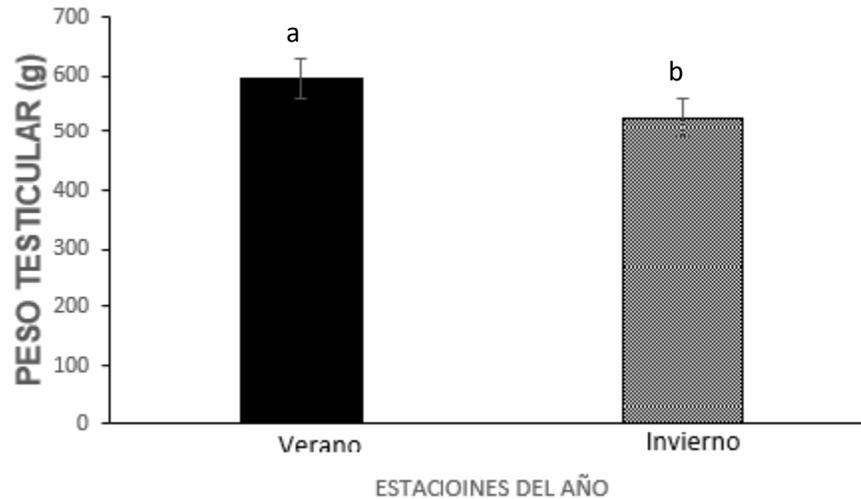
#### IV. RESULTADOS

La circunferencia escrotal (Figura 10) fue mayor en verano que invierno ( $30.47 \pm 0.25$  cm vs  $29.78 \pm 0.40$  cm), sin embargo, solo se observó diferencia numérica ( $P=0.123$ ).



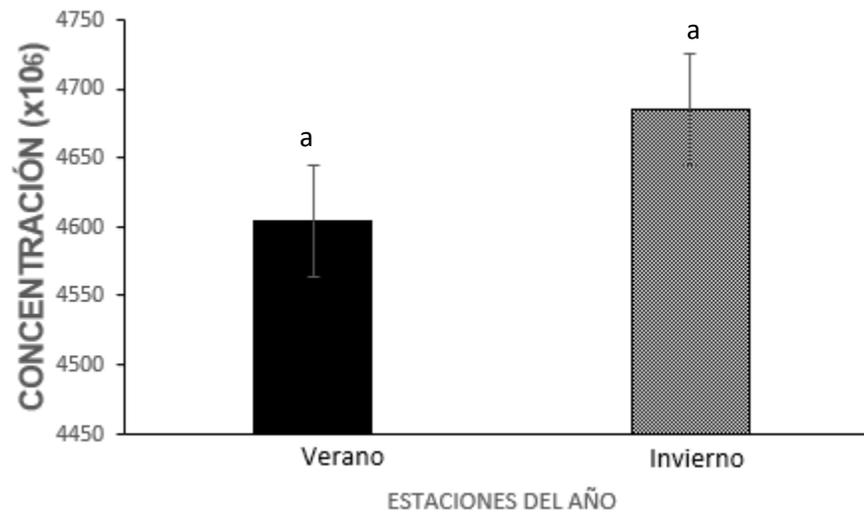
**Figura 9. Circunferencia escrotal de carneros Dorper durante las estaciones de Verano e Invierno.**

A diferencia de las otras variables que se evaluaron, el peso testicular (Figura 11), tiene una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.0037$ ), se observó mayor peso en época de verano en comparación con la de invierno ( $594.91 \pm 13.47$  g vs  $525.68 \pm 20.05$  g).



**Figura 10. Peso testicular de carneros Dorper durante las estaciones de Verano e Invierno.**

La concentración espermática fue mayor en la estación de invierno ( $4684.9 \times 10^6 \pm 113.9$ ) en comparación con la de verano ( $4604.5 \times 10^6 \pm 107.6$ ), sin embargo, no se observan diferencias significativas ( $P= 0.621$ ).



**Figura 11. Concentración espermática de carneros Dorper durante la estación de Verano e Invierno.**

## V. DISCUSIÓN

La concentración espermática no se registra diferencia significativa ( $P= 0.621$ ), en cuanto a las dos estaciones del año evaluadas. En el estudio realizado en territorio Stavropol por Mamontova et al. (2021), mencionan que, durante la temporada no reproductiva, disminuye significativamente la actividad sexual y producción de espermatozoides, teniendo una repercusión en todo el carnero evidente al no ser temporada reproductiva, sin embargo, en la presente investigación la concentración fue mayor en invierno, de forma similar Benia (2018) y Belkhiri (2017) en un estudio realizado en Algeria mencionan que el valor de la concentración son más bajos en las estaciones invierno y verano donde es más baja la actividad reproductiva que en otoño y primavera.

Por otro lado, el peso testicular tiene una diferencia estadísticamente significativa ( $P=0.0037$ ) como la circunferencia escrotal su diferencia es numérica ( $P=0.123$ ) por lo que se refiere a las métricas de los testículos va ligado si es temporada reproductiva o no lo sea; ese efecto que tiene sobre las características de producción de espermatozoides Aibazov et al. (2022), evaluaron que la actividad espermática es meramente diferencia estadística ( $P<0.001$ ) eso en cuanto sus métricas testiculares, en el caso de la estación reproductiva y no reproductiva la concentración espermática difiere ligeramente ( $P<0.05$ ).

Añadiendo que la raza de los carneros va a diferir a estos rasgos métricos, así mismo la edad de los carneros también influye en cada proceso de la actividad sexual del mismo, siempre repercutiendo si es temporada reproductiva o se encuentra en reposo sexual (Benia et al., 2018), los factores ambientales como en el verano, que en el estudio se muestra una circunferencia escrotal mayor. Con lo que se observa de los resultados del experimento de las características evaluadas podría tomarse los meses de verano e invierno los influyentes previo a la temporada reproductiva.

## **V. CONCLUSION**

Los resultados del presente estudio, demuestra que la calidad seminal no es tan afectada por las estaciones verano e invierno, que su circunferencia y peso testicular no influyen en su concentración espermática, sin embargo, la concentración espermática fue mayor durante la estación de invierno que corresponde a la temporada reproductiva de los carneros.

## VI. LITERATURA CITADA

- Abecia, J. A., Forcada, F., Vázquez, M. I., Muiño Blanco, T., Cebriá Pérez, J. A., Pérez Pe, R., & Casao, A. (2019). Role of melatonin on embryo viability in sheep. *Reproduction, Fertility and Development*, 31(1), 82–92. <https://doi.org/10.1071/RD18308>
- Aguilar, C. U., Berruecos, J. M., Espinoza, B., Segura, J. C., Valencia, J., & Roldán, A. (2017). ORIGEN, HISTORIA Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA OVEJA PELIBUEY EN MÉXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20, 429–439. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93953814003>
- Aguirre, A., Gasga, L., Peláez, U., Galindo, A., Lozano, E., & Mondrgón, U. (2021). Productive Response of Pelibuey Sheep to Supplementation in the Stretching Season in the Dry Tropic. *American Journal of Plant Sciences*, 12(09), 1319–1327. <https://doi.org/10.4236/ajps.2021.129092>
- Ahmad Pampori, Z., Ahmad Sheikh, A., Aarif, O., Hasin, D., & Ahmad Bhat, I. (2018). Physiology of reproductive seasonality in sheep—an update. *Biological Rhythm Research*, 51(4), 586–598. <https://doi.org/10.1080/09291016.2018.1548112>
- Aibazov, M., Trukhachev, V., Selionova, M., & Malorodov, V. (2022). Seasonal changes in testis size, testosterone levels and sperm production quality in meat rams. *Reproduction in Domestic Animals*, 57(10), 1125–1135. <https://doi.org/10.1111/rda.14183>
- Ajafar, M., Kadhim, A., & Thuwaini, M. (2022). Hameed, M. et al. 2022 FACTORES REPRODUCTIVOS. *Bioproduction Environment Life Science*, 1–8.
- Allende, R., & Arisnabarreta, E. (2010). *Fisiología espermática, producción de semen y evaluación de la calidad seminal*.
- Allende, R., & Arisnabarreta, E. (2018). *Fisiología espermática, producción de semen y evaluación de la calidad seminal*.
- Álvarez, M., Tamayo Canul, J., Martínez Rodríguez, C., López Urueña, E., Gomes Alves, S., Anel, L., Martínez Pastor, F., & de Paz, P. (2012). Specificity of the extender used for freezing ram sperm depends of the spermatozoa source (ejaculate, electroejaculate or epididymis). *Animal Reproduction Science*, 132(3–4), 145–154. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2012.05.006>
- Álvarez Rodriguez, M., Álvarez M., Anel López, L., Guerra, C., Chamorro, C. A., Anel, L., de Paz, P., & Martínez Pastor, F. (2018). Effect of length of time post-mortem on quality and freezing capacity of Cantabric chamois (*Rupicapra pyrenaica parva*) epididymal spermatozoa. *Animal Reproduction Science*, 198, 184–192. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2018.09.018>
- Arroyo, J., Sánchez, N. J., Ávila, N. Y., Camacho, M. A., & Rodríguez, M. (2016). Reproductive seasonality in creole hair sheep in the tropic. *Tropical Animal Health and Production*, 48(1), 219–222. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0927-z>
- Bazer, F. W. (2019). Reproductive physiology of sheep (*Ovis aries*) and goats (*Capra aegagrus hircus*). In *Animal Agriculture: Sustainability, Challenges and Innovations* (pp. 199–209). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817052-6.00011-2>

- Belkhiri, Y., Bouzebda-Afri, F., Bouzebda, Z., Mouffok, C. E., & Djaout, A. (2017). Seasonal variations in reproductive parameters of Ouled Djellal rams in the East of Algeria. *Indian Journal of Animal Research, OF*. <https://doi.org/10.18805/ijar.v0iof.7266>
- Benia, A. R., Sidi, S., & Ammar, M. (2018). *Effect of season and age on main characteristics of sperm production in the Ouled-Djellal rams*. <http://www.lrrd.org/lrrd30/1/arbv30010.html>
- Bergstein Galan, T. G., Romualdo Weiss, R., Rodrigues Barbosa, T. S., Ernandes Kozicki, L., & Dimas Bicudo, S. (2018). Ovine epididymal spermatozoa preservation in liquid state with or without seminal plasma epididimários ovinos. *Ciência Rural, 48*(8), 1–5. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20180078>
- Bergstein Galan, T. G., Weiss, R. R., Barbosa, T. S. R., Kozicki, L. E., & Bicudo, S. D. (2018). Viability of ovine spermatozoa collected from epididymides stored at 18°–25°C for 48 hours post mortem. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinaria e Zootecnia, 70*(4), 1023–1028. <https://doi.org/10.1590/1678-4162-10058>
- Calderón Cabrera, J., Santoyo Cortés, V. H., Martínez González, E. G., & Palacio Muñoz, V. H. (2022). Business models for sheep production in the Northeast and center of the State of Mexico. *Revista Mexicana De Ciencias Pecuarias, 13*(1), 145–162. <https://doi.org/10.22319/RMCP.V13I1.5816>
- Carvajal Serna, M., Miguel Jiménez, S., Pérez Pe, R., & Casao, A. (2022). Testicular Ultrasound Analysis as a Predictive Tool of Ram Sperm Quality. *Biology, 11*(2), 3–4. <https://doi.org/10.3390/biology11020261>
- Colegio de ciencias agricolas. (2017). Anatomía Reproductiva del Carnero. In *Cría Ovejas Una publicación dirigida a ovinocultores en Puerto Rico* (Vol. 3, Issue 2). <http://onpasture.com/2016/04/11/livestock-guardians-protect-the-flock/>
- Córdova, A., Villa, A., Olivares, J., & Sánchez, P. (2014). Environmental Stress Effect on Animal Reproduction. *Open Journal of Animal Sciences, 04*(02), 79–84. <https://doi.org/10.4236/ojas.2014.42011>
- Córdova Izquierdo, A., Villa Mancera, A., Olivares Pérez, J., & Sánchez Aparicio, P. (2014). Environmental Stress Effect on Animal Reproduction. *Open Journal of Animal Sciences, 04*(02), 79–84. <https://doi.org/10.4236/ojas.2014.42011>
- Cosso, G., Mura, M. C., Pulinas, L., Curone, G., Vigo, D., Carcangiu, V., & Luridiana, S. (2021). Effects of melatonin treatment on milk traits, reproductive performance and immune response in Sarda dairy sheep. *Italian Journal of Animal Science, 20*(1), 632–639. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2021.1904796>
- David, I., Kohnke, P., Fehrenbach, J., Lopes Simoes, A. R., Debreuve, E., Descombes, X., Plouraboue, F., Degond, P., & Druart, X. (2018). New objective measurements of semen wave motion are associated with fertility in sheep. *Reproduction, Fertility and Development, 30*(6), 889–896. <https://doi.org/10.1071/RD17472>
- Dobrinski, I. (2006). Transplantation of germ cells and testis tissue to study mammalian spermatogenesis. In *Anim. Reprod* (Issue 2).

- Estevez Moreno, L. X., Sanchez Vera, E., Nava Bernal, G., Estrada Flores, J. G., Gomez Demetrio, W., & Sepúlveda, W. S. (2019). The role of sheep production in the livelihoods of Mexican smallholders: Evidence from a park-adjacent community. *Small Ruminant Research*, *178*, 94–101. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2019.08.001>
- Fernández Abella, D., Da Costa, M., Guérin, Y., & Dacheux, J. L. (2014). Fertility of undiluted ram epididymal spermatozoa stored for several days at 4°C. *Animal*, *9*(2), 313–319. <https://doi.org/10.1017/S1751731114002109>
- França, L. R., Avelar, G. F., & Almeida, F. F. L. (2005). Spermatogenesis and sperm transit through the epididymis in mammals with emphasis on pigs. *Theriogenology*, *63*(2 SPEC. ISS.), 300–318. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2004.09.014>
- Frandsen, R. D., Wilke, W. L., & Fails, A. D. (2009). *Anatomy and Physiology of Farm Animals* (R. D. Frandsen, W. L. Wilke, & A. D. Fails, Eds.; 7th ed.). Wiley Blackwell.
- Gavojdian, D., Budai, C., Csiszter, L. T., Cszimar, N., Javor, A., & Kusza, S. (2015). Reproduction efficiency and health traits in Dorper, White Dorper, and Tsigai sheep breeds under temperate European conditions. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *28*(4), 599–603. <https://doi.org/10.5713/ajas.14.0659>
- González, A., Urruita, J., & Gámez, H. (2014). COMPORTAMIENTO REPRODUCTIVO DE OVEJAS DORPER Y KATAHDIN EMPADRADAS EN PRIMAVERA EN EL NORTE DE MÉXICO. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *17*(1), 123–127. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93930735010>
- Gonzalez, V. M., Valdes Garcia, Y. S., Herrera Ramírez, J. C., Manríquez Nuñez, O. M., & Lazalde Cruz, R. (2022). Recuperación de semen post-mortem por medio de lavado epididimal en borregos de pelo. *South Florida Journal of Environmental and Animal Science*, *2*(2), 116–120. <https://doi.org/10.53499/sfjeasv2n2-009>
- Joy, A., Dunshea, F. R., Leury, B. J., Digiacomio, K., Clarke, I. J., Zhang, M. H., Abhijith, A., Osei-Amponsah, R., & Chauhan, S. S. (2020). Comparative assessment of thermotolerance in dorper and second-cross (Poll dorset/merino × border leicester) lambs. *Animals*, *10*(12), 1–14. <https://doi.org/10.3390/ani10122441>
- Kumar, D., De, K., Sejian, V., & Naqvi, S. M. K. (2017). Impact of climate change on sheep reproduction. In *Sheep Production Adapting to Climate Change* (pp. 71–93). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4714-5\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4714-5_3)
- Larson, E. L., Kopania, E. E. K., & Good, J. M. (2018). Spermatogenesis and the Evolution of Mammalian Sex Chromosomes. In *Trends in Genetics* (Vol. 34, Issue 9, pp. 722–732). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tig.2018.06.003>
- Macías, U., Sánchez, T., Gastelum, M., Avendaño, L., Correa, A., Álvarez, F., Díaz, R., Meza, C., & Mellado, M. (2015). Actividad reproductiva estacional de ovejas Pelibuey bajo condiciones áridas de México. In *Arch Med Vet* (Vol. 47).

- Mamontova, T. V., Selionova, M. I., & Aybazov, A. M. M. (2021). Sexual Activity and Sperm Production of Charolais and Ile-De-France Rams in Different Seasons of the Year. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya*, 56(4), 752–762. <https://doi.org/10.15389/AGROBIOLOGY.2021.4.752ENG>
- Mazinani, M., & Rude, B. (2020). Population, world production and quality of sheep and goat products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15(4), 291–299. <https://doi.org/10.3844/ajavsp.2020.291.299>
- Mendoza, N., Casao, A., Domingo, J., Quintín, F., Laviña, A., Fantova, E., Cebrián-Pérez, J. Á., Muiño-Blanco, T., & Pérez-Pe, R. (2021). Influence of Non-conventional Sperm Quality Parameters on Field Fertility in Ovine. *Frontiers in Veterinary Science*, 8. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.650572>
- Molla, B., Yar, A., Raza, S., Bang, S., Fang, X., Yoon, K., & Cho, J. (2021). Semen evaluation: Methodological advancements in sperm quality-specific fertility assessment - A review. *Animal Bioscience*, 34(8), 1253–1270. <https://doi.org/10.5713/ab.21.0072>
- Mujitaba, M. A., Egerszegi, I., Kútvölgyi, G., Nagy, S., Vass, N., & Bodó, S. (2022). Alternative Opportunities to Collect Semen and Sperm Cells for Ex Situ In Vitro Gene Conservation in Sheep. In *Agriculture (Switzerland)* (Vol. 12, Issue 12). MDPI. <https://doi.org/10.3390/agriculture12122001>
- Muñoz, A. S. (2019). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA*. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Muñoz, S. (2019). *Correlación de la circunferencia escrotal con volumen de eyaculado y concentración espermática en cuatro razas ovinas*.
- Nishimura, H., & Hernault, S. (2017). *Spermatogenesis*.
- Norris, D. O. (2007). *Vertebrate Endocrinology* (Fourth Edition).
- Ntemka, A., Kiossis, E., Boscós, C., Theodoridis, A., Kourousekos, G., & Tsakmakidis, I. (2018). Effects of testicular hemodynamic and echogenicity changes on ram semen characteristics. *Reproduction in Domestic Animals*, 53(2), 50–55. <https://doi.org/10.1111/rda.13279>
- Nunes, J. F., & Salgueiro, C. C. M. (2011a). Strategies to improve the reproductive efficiency of goats in Brazil. *Small Ruminant Research*, 98, 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.036>
- Nunes, J. F., & Salgueiro, C. C. M. (2011b). Strategies to improve the reproductive efficiency of goats in Brazil. *Small Ruminant Research*, 98(1–3), 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.03.036>
- Oduwole, O. O., Peltoketo, H., & Huhtaniemi, I. T. (2018). Role of follicle-stimulating hormone in spermatogenesis. In *Frontiers in Endocrinology* (Vol. 9). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fendo.2018.00763>
- Pabón, H., & Pulido, M. (2021). Circunferencia escrotal como criterio de selección para carneros de reemplazo. *Pensamiento y Acción*, 31, 52–73. <https://doi.org/10.19053/01201190.n31.2021.12583>
- Pabón Quevedo, H., & Pulido Medellín, M. (2021). Circunferencia escrotal como criterio de selección para carneros de reemplazo. *Pensamiento y Acción*, 31, 52–73. <https://doi.org/10.19053/01201190.n31.2021.12583>

- Panyaborian, S., Suwimonteerabutr, J., Swangchan, T., Tharasanit, T., Phutikanit, N., & Techakumphu, M. (2016). Effect of heat stress on reproductive performance of an imported dorper ram: a case study in Thailand Short Communication. In *Thai J Vet Med. 2016* (Vol. 46, Issue 4).
- Pool, K. R., Rickard, J. P., Pini, T., & de Graaf, S. P. (2020a). Exogenous melatonin advances the ram breeding season and increases testicular function. *Scientific Reports, 10*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66594-6>
- Pool, K. R., Rickard, J. P., Pini, T., & de Graaf, S. P. (2020b). Exogenous melatonin advances the ram breeding season and increases testicular function. *Scientific Reports, 10*(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-020-66594-6>
- Pulina, G., Milán, M. J., Lavín, M. P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D. L., Francesconi, A. H. D., & Caja, G. (2018). Invited review: Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science, 101*(8), 6715–6729. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14015>
- Reis, P., Novita, S., Chagas, M. A., Barioni, W., Machado, R., Romanello, N., Figueiredo, L., de Mendonça, K., & Rossetto, A. (2018). Assessment of body and scrotal thermoregulation and semen quality of hair sheep rams throughout the year in a tropical environment. *Small Ruminant Research, 160*, 72–80. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2018.01.015>
- Shayestehyekta, M., Mohammadi, T., Soltani, L., & PooyanMehri, M. (2022). Effect of different concentrations of melatonin on ram epididymal spermatozoa recovered post-mortem under oxidative stress conditions and storage at 4°C. *Reproduction in Domestic Animals, 57*(12), 1520–1528. <https://doi.org/10.1111/rda.14228>
- Smercheck, D. T., Anderson, P. P., Held, J. E., Kolthoff, A. R., Stenberg, T., & Perry, G. A. (2018). 507 Changes in Ram Semen Quality between Subsequent Ejaculates. *J. Anim. Sci, 96*(S2), 270–271. [https://academic.oup.com/jas/article-abstract/96/suppl\\_2/270/4967529](https://academic.oup.com/jas/article-abstract/96/suppl_2/270/4967529)
- Staub, C., & Johnson, L. (2018). Review: Spermatogenesis in the bull. In *Animal* (Vol. 12, Issue s1, pp. s27–s35). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/S1751731118000435>
- Teixeira, A., Silva, S., Guedes, C., & Rodrigues, S. (2020). Sheep and Goat Meat Processed Products Quality: A Review. In *Foods* (Vol. 9, Issue 7). MDPI Multidisciplinary Digital Publishing Institute. <https://doi.org/10.3390/foods9070960>
- Vázquez Martínez, I., Jaramillo Villanueva, J., Bustamante González, A., Vargas López, S., Calderón Sánchez, F., Torres Hernández, G., & Pittroff, W. (2018). *ESTRUCTURA Y TIPOLOGÍA DE LAS UNIDADES DE PRODUCCIÓN OVINAS EN EL CENTRO DE MÉXICO*.
- Wachida, N., Emekopobong Basse, U., & Dawuda, P. M. (2019). Effect of storage time on the quality of cauda epididymal spermatozoa of West African dwarf (WAD) rams. *Animal Reproduction Science, 205*, 144–149. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2019.05.001>
- Yang, H., Ma, J., Wan, Z., Wang, Q., Wang, Z., Zhao, J., Wang, F., & Zhang, Y. (2021). Characterization of sheep spermatogenesis through single-cell RNA sequencing. *FASEB Journal, 35*(2). <https://doi.org/10.1096/fj.202001035RRR>

Zhao, D., Yu, Y., Shen, Y., Liu, Q., Zhao, Z., Sharma, R., & Reiter, R. J. (2019). Melatonin synthesis and function: Evolutionary history in animals and plants. In *Frontiers in Endocrinology* (Vol. 10, Issue APR). Frontiers Media S.A. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00249>