

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISION REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL  
DEPARTAMENTO DE PRODUCCION ANIMAL



Influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal  
en equinos cuartos de milla

Por:

**JOSÉ DANIEL ESTRADA CRUZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Torreón, Coahuila, México

Junio 2021

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

Influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal  
en equinos cuartos de milla

Por:

**JOSÉ DANIEL ESTRADA CRUZ**

TESIS

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

\_\_\_\_\_  
MC. Gerardo Arellano Rodríguez

Asesor principal

\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz

Vocal

\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Luis Morales Cruz

Vocal

\_\_\_\_\_  
Dra. Leticia Romana Gaytán Alemán

Vocal suplente

\_\_\_\_\_  
M.C. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México. Junio 2021

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

Influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal  
en equinos cuartos de milla

Por:

**JOSÉ DANIEL ESTRADA CRUZ**

TESIS

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

**MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

Aprobada por:

\_\_\_\_\_  
MC. Gerardo Arellano Rodríguez

Asesor principal

\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz

Vocal

\_\_\_\_\_  
Dr. Juan Luis Morales Cruz

Vocal

\_\_\_\_\_  
M.C. J. Guadalupe Rodríguez Martínez  
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal

Torreón, Coahuila, México. Junio 2021

## **AGRADECIMIENTOS.**

Agradezco a **Dios** por estar en los momentos difíciles en donde la fe y esperanza siempre fueron la fuerza para saber esperar los tiempos que me tenías preparado. Gracias por permitirme culminar un objetivo más en mi proyecto de vida.

### **A mis padres, José Estrada Reyes y Renata Cruz Ramírez.**

Agradezco infinitamente los valores que me inculcaron, el amor con el que fui criado, los desvelos que les hice pasar de pequeño, el apoyo incondicional que me brindan desde el gusto por pegarle al balón al que cambié por el despertador de cada mañana. Son mi gran orgullo y mi ejemplo a seguir, los amo. Sin duda alguna gracias a su apoyo incondicional, los sacrificios que han hecho estoy logrando este gran sueño.

**A la Dra. Leticia Gaytán Alemán.** Agradezco de corazón por ser mi guía durante estos 5 años de mi carrera profesional, por apoyarme en todo momento. La admiro, la aprecio y la estimo. Gracias Dra.

**Al Dr. Juan Manuel Guillen Muños.** Por todo el tiempo y apoyo que me brindo para poder realizar este trabajo.

**Al Dr. Sergio Orlando Yong Wong.** Por ser uno de los mejores maestros que tuve a lo largo de mi carrera, agradezco todos los conocimientos, los regaños, las aventuras, las risas y por supuesto que siempre "Agarraremos la pastura". Nunca lo olvidare, Gracias por todo. QEPD.

**A cada uno de mis maestros.** Quien a lo largo de esta carrera me formaron y sin duda alguna dejaron huella.

**A mis amigos y compañeros.** Quienes a lo largo de la carrera me acompañaron y guardan un lugar en este caminar, Gracias Julissa LR por esos momentos que pasamos en compañía de los caballos, te quiero y estimo.

## DEDICATORIA.

Dedico este trabajo con amor a mis Abuelos **Pedro Estrada Cerón y Inés Reyes Suarez**. gracias por haber estado siempre conmigo en este proceso tan largo y aunque ahora ya no estén conmigo yo sé que están orgullosos de lo que su nieto a logrado. Gracias por cuidarme, inculcarme buenos valores, por sus muestras de cariño, por sus regaños, por sus buenos consejos para ser un hombre de bien.

Esto es para ustedes, de su nieto que los amo con el corazón.

## **RESUMEN.**

El propósito principal de este trabajo fue demostrar la influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal en equinos cuartos de milla. Para ello, se utilizaron seis sementales sexualmente experimentados de la raza Cuarto de Milla. Estos machos presentaban un buen estado de salud y contaban con registros de tener una buena fertilidad. Para su selección se consideró que tuviesen una edad promedio de 9 años y una condición corporal de 3 (escala 1-5) con un peso corporal promedio de 500 kg. Los machos fueron alojados en caballerizas de 4 x 4 m y un área de sol (6 x 4 m), se alimentaron con una dieta que cubría sus requerimientos nutricionales a base de alfalfa y concentrado al 12% de proteína cruda dos veces al día por la mañana (8:00 am) y por la tarde (18:00 pm) y agua a libre acceso. Los resultados obtenidos para este estudio nos indicaron que, durante los diferentes meses del año, se presentó un mayor volumen espermático durante los meses de mayo a julio, mientras que durante los meses de noviembre a febrero el volumen espermático fue menor respecto a los demás meses del año ( $P < 0.05$ ). De forma concordante, también se pudo observar una marcada diferencia en cuanto al volumen espermático durante la época de otoño con respecto a primavera y verano ( $P < 0.05$ ). En relación a la concentración espermática, hubo un pico claramente marcado en el mes de mayo. En efecto, se puede concluir que en los diferentes meses del año se presentó una variación respecto al volumen y concentración espermática del equino, esto debido a los cambios fotoperiódicos.

**Palabras clave:** Estacionalidad reproductiva, Equino macho, Calidad seminal, Neuroendocrinología, Fotoperiodo.

# INDICE

AGRADECIMIENTOS. ....	i
DEDICATORIA. ....	ii
RESUMEN. ....	iii
INDICE DE FIGURAS .....	vi
INDICE DE TABLAS .....	vii
INTRODUCCIÓN.....	1
REVISION DE LITERATURA .....	3
<b>1. Aparato reproductor del caballo. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Testículo. ....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Escroto. ....</b>	<b>5</b>
<b>1.3 Cordón espermático. ....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Epidídimo.....</b>	<b>7</b>
<b>1.5 conducto deferente. ....</b>	<b>10</b>
<b>1.6 glándulas sexuales accesorias.....</b>	<b>11</b>
<b>1.7 Ámpula. ....</b>	<b>11</b>
<b>1.8 Vesículas seminales. ....</b>	<b>11</b>
<b>1.9 Próstata. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.10 Glándulas bulbouretrales. ....</b>	<b>12</b>
<b>1.11 Pene. ....</b>	<b>13</b>
<b>1.12 Prepucio. ....</b>	<b>14</b>
<b>2. Espermatogénesis. ....</b>	<b>14</b>
<b>3. Espermatozoide equino. ....</b>	<b>18</b>
<b>4. Semen equino. ....</b>	<b>21</b>
<b>5. La estacionalidad reproductiva del equino macho.....</b>	<b>22</b>
<b>6. Control fotoperiodico de la reproducción. ....</b>	<b>23</b>
<b>6.1 Maquina fotoneuroendocrina. ....</b>	<b>23</b>
<b>6.2 Fotorrecepcion. ....</b>	<b>24</b>
<b>6.3 Reloj Biológico.....</b>	<b>25</b>
<b>6.4 Enlace neural-endocrino. ....</b>	<b>26</b>
<b>7. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva. ....</b>	<b>26</b>
<b>7.1 El hipotálamo.....</b>	<b>27</b>
<b>7.2 GnRH. ....</b>	<b>27</b>

7.3 Hipófisis.....	28
7.4 Gonadotropinas.....	28
7.5 Glándula pineal.....	29
7.6 Hormonas gonadales.....	30
7.7 Andrógenos.....	30
7.8 Estrógenos.....	31
7.9 Inhibina.....	31
OBJETIVO.....	32
HIPOTESIS.....	32
MATERIALES Y METODOS.....	33
<b>3.1 Lugar del estudio</b> .....	33
<b>3.2 Manejo de los animales</b> .....	33
<b>3.3 Colección del semen</b> .....	33
<b>3.4 Evaluación de semen</b> .....	34
<b>3.4.1 Volumen y concentración</b> .....	34
<b>3.5 Análisis estadístico</b> .....	34
RESULTADOS.....	35
DISCUSIÓN.....	37
CONCLUSIÓN.....	39
LITERATURA CITADA.....	40

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aparato reproductor del macho.....	5
Figura 2 Ilustración esquemática de una sección transversal vertical a través del testículo del semental.....	9
Figura 3 Espermatogénesis.....	18
Figura 4 Estructuración y conformación del espermatozoide en el equino macho.....	21
Figura 5 indicadores externos que forman parte de la producción gamética en especies de animales de reproducción estacional y su vínculo con la actividad gonadal.....	24
Figura 6 Esquematización del aparato foto neuroendocrino y estructuración en la secreción de melatonina en reproductores de días largos y reproductores de días cortos.....	25
Figura 7 Esquema de retroalimentación positiva (+) y negativa (-) de la producción y liberación de hormonas en el potro.....	28

## **INDICE DE TABLAS**

Tabla 1. Volumen y concentración espermática por mes en caballos cuarto de milla a latitudes de 26° N. ....	35
--	----

## INTRODUCCIÓN.

Los equinos al igual que otros mamíferos, presentan una estacionalidad reproductiva marcada a través del año, cuando estas condiciones son más óptimas para el éxito del destete de las crías (Jasko, 1992; Aurich, 2016; Gerlach y Aurich, 2000). Esta especie pertenece a la categoría de los animales de días largos, es decir la actividad reproductiva es estimulada por dicho fotoperiodo. Así, la temporada de apareamiento de los equinos corresponde a la etapa de primavera - verano en la cual la gestación dura 11 meses favoreciendo con ello la supervivencia de la cría y permitiendo que los partos sean cuando la disponibilidad de alimento es mayor (Bustos y Torres, 2012). El equino macho se caracteriza por presentar diferenciación estacional en donde existe una variación en la calidad seminal causados por; época del año, latitud, manejo de sementales, frecuencia en la colección de semen, raza, nutrición, fotoperiodo, actividad endocrina testicular y secreción de glándulas accesorias (Janett et al, 2003; Clay y Clay, 1992). Dentro de los parámetros que determinan la calidad seminal de los equinos, el volumen y concentración espermática, permiten evaluar y determinar la fertilidad del macho equino. Al respecto Janett et al. (2003) realizaron un estudio en equinos para determinar el efecto de los cambios estacionales sobre la calidad seminal, en donde encontraron que el volumen es mayor durante el verano en comparación con las otras estaciones. Lo anterior concuerda con los resultados reportados por Magistrini (1987). Posteriormente, Pickett et al. (1976) y Jasko et al. (1991) observaron una concentración espermática alta durante el verano en Estados Unidos con el valor máximo en los meses de julio y agosto. Contrariamente, Gamboa et al. (2010) y Janett et al.

(2003) reportaron valores significativamente superiores de concentración espermática en invierno que en primavera y verano. En el Norte de México el equino muestra una estacionalidad reproductiva marcada en ciertos periodos durante el año modificando así, los parámetros y la calidad espermática. Sin embargo, existen pocos estudios que respaldan el efecto de los cambios estacionales sobre dicha calidad espermática. Por tanto, el objetivo del presente trabajo fue determinar la influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal en equinos cuarto de milla.

## **REVISION DE LITERATURA**

### **1. Aparato reproductor del caballo.**

Una comprensión de la estructura y función de los órganos reproductivos son deseables cuando se desarrolla una estrategia de manejo para maximizar la eficiencia reproductiva o para comprender los resultados de la investigación (Amann, 1981).

#### **1.1 Testículo.**

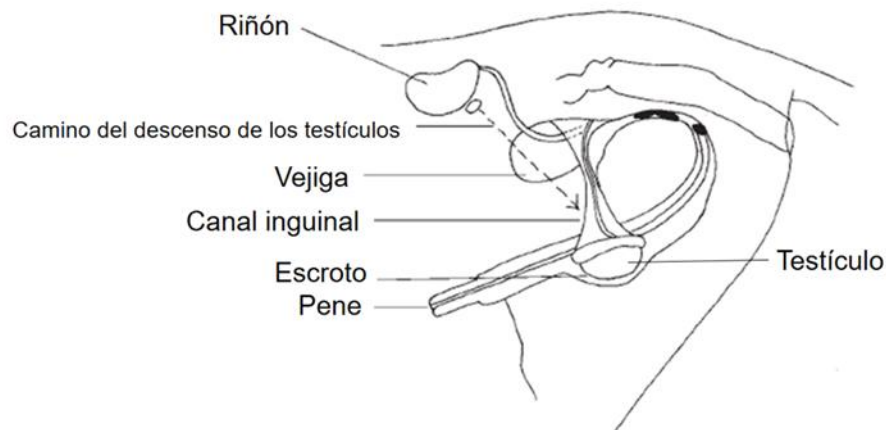
Es un órgano sexual cuya función principal es la de generar espermatozoides encargado de la función exocrina. A si mismo de producir hormonas esteroides cuya función es vía endocrina (Galina, 2008).

La ubicación de los testículos es en la región pre púbica, alojados en un di ventrículo de la parte abdominal nombrado bolsa testicular (escroto). Su base mayor es prácticamente longitudinal. Su estructura es ovoide, pero se encuentran compresos de una superficie a otra. Cada testículo cuenta con dos superficies, dos extremidades y dos bordes. El espacio medial y lateral es convexo y liso; el primero es plano en unión con el septum escrotal. La estructura del borde libre (margo liber) está situada de forma ventral y convexa. La inserción o borde epidimal (margo epididymalis) es casi recto, dorsal y el borde es en el cual la glándula es suspendida por acción del cordón espermático; la inserción del epidídimo es a su borde y se recubre lateralmente. La cabeza y la cola son redondeados (Sisson y Grossman, 1982).

Los caballos pura sangre inglés, sus testículos tienen una dimensión de 10 a 12 cm de largo, 5 cm de ancho y 6 a 7 cm de altura. De acuerdo a la edad del animal, periodo del año y raza, el tamaño testicular es variable

con estos factores mencionados (Zarco y Boeta, 2000). Es importante mencionar que se encuentran diferencias individuales en cada animal. Son mas grandes y activos los testículos durante la estación reproductiva, logrando la máxima actividad en los meses donde el fotoperiodo es mas largo, en los meses comprendidos de mayo a julio. En el mes de agosto hay una reducción en la actividad testicular, como consecuencia obtenemos concentraciones menores de testosterona circulante y en producción menor absoluto de espermatozoides en el periodo comprendidos de septiembre u octubre. A pesar de la reducción estacional la estructura testicular del caballo no impide la producción total de espermatozoides durante todo el año, por lo que su fertilidad es permanente y optima en todos los meses del año. La estructura del parénquima testicular está compuesta por túbulos seminíferos, donde se lleva a cabo la producción de espermatozoides por tejido intersticial (Zarco y Boeta, 2000).

Los testículos cuelgan fuera del cuerpo del semental para mantener la temperatura de aproximadamente 3 ° C por debajo de la temperatura del cuerpo (es decir, 35–36 ° C en lugar de 39 ° C) (Davies Morel, 1999).



**Figura 1 Aparato reproductor del macho.**

### **1.2 Escroto.**

Un órgano especializado es el escroto el cual hace posible el funcionamiento adecuado de los testículos, actúa como órgano termorregulador. Se forma por dos bolsas cutáneas donde se encuentran alojados los testículos y las estructuras adyacentes al cordón espermático. Su forma es globular y asimétrica, por lo general el testículo izquierdo es más grande y con menor movilidad que el derecho. En la parte escrotal puede encontrarse una cantidad pequeña de fluido, logrando con ello la movilidad normal de las estructuras testiculares.

Se estructura de la siguiente manera el escroto:

- a) Su piel es delgada y elástica, se caracteriza por un color obscuro a negro, untuosa y lisa. Tiene finos y cortos pelos esparcidos, glándulas sebáceas y sudoríparas. Las cuales tienen su relevancia

por contribuir en la eliminación del calor en el testículo. En ambas estructuras testiculares se haya un rafe escrotal longitudinal, que prosigue con el prepucio y en la parte contraria con el peritoneo.

- b) Adherido a la piel se encuentra dartos de color rojizo, excluyendo la parte superior. Su conformación es de tejido fibroelástico y fibras musculares lisas. En todas las superficies se forma un tabique que parte en dos bolsas al escroto, desuniendo a los dos testículos. Al relajarse las fibras del músculo liso del dartos los testículos se acercan o alejan del cuerpo, por tanto el dartos colabora en el proceso de termorregulación testicular.
- c) Se deriva en apariencia de los músculos oblicuos abdominales, la fascia escrotal que se constituye por tejido conectivo laxo.
- d) Formada por vasos y nervios la capa parietal de la túnica vaginal (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.3 Cordón espermático.**

Tiene una conformación de tejido diverso los cuales son llevados por el testículo desde la cavidad abdominal concluyendo en el escroto por medio del canal inguinal. En el anillo inguinal abdominal comienza el cordón espermático, en el cual estas estructuras que lo conforman se unen y de esta manera se expande oblicuamente de bajo del canal inguinal, pasando por la parte superior del pene y concluyendo en el borde de inserción testicular.

Se conforma de la siguiente manera el cordón espermático: vena espermática, arteria y músculo cremaster, músculo cremaster interno, conducto deferente, nervios simpáticos y capa visceral de la túnica

vaginal. Alrededor de la vena espermática, se enrolla la arteria espermática originando la formación del plexo pampiniforme. En conjunto con el musculo cremaster forma el sistema que permite la regulación de la temperatura testicular.

La sangre que circula en la piel escrotal es enfriada por su contacto con la temperatura externa. La evaporación del sudor producido por las glándulas sudoríparas del escroto ayuda a enfriar aún más la sangre. Al ser drenada por la vena espermática la sangre ya está varios grados más fría que la temperatura corporal. Al establecerse un estrecho contacto entre la arteria y la vena espermática se produce un intercambio de temperatura, por lo que la sangre arterial pierde calor y llega al testículo a menor temperatura que la corporal (Zarco y Boeta, 2000).

#### **1.4 Epidídimo.**

Es la continuación de los conductos deferentes, en el canal del epidídimo. Los cuales de constituyen por un único conducto de 45 metros de longitud, teniendo con ello múltiples convoluciones, por lo cual ocupa pocos centímetros. Este se junta al borde de inserción del testículo distribuyéndose a lo largo de la cara externa del epidídimo. Se conforma en 3 partes: el cuerpo, la cabeza y la cola. Por lo tanto, la cabeza del epidídimo se encuentra de tras del testículo y está junto a este por medio de los conductos eferentes, tejido conectivo y la membrana serosa. La estructura del epidídimo descansa dorso lateralmente al testículo, el cual se une por tejido seroso que conforma lateralmente un saco nombrado seno del epidídimo. A su vez la cola del epidídimo se encuentra al frente estando en unión al testículo por su ligamento independiente, continua con el conducto deferente (Zarco y Boeta, 2000).

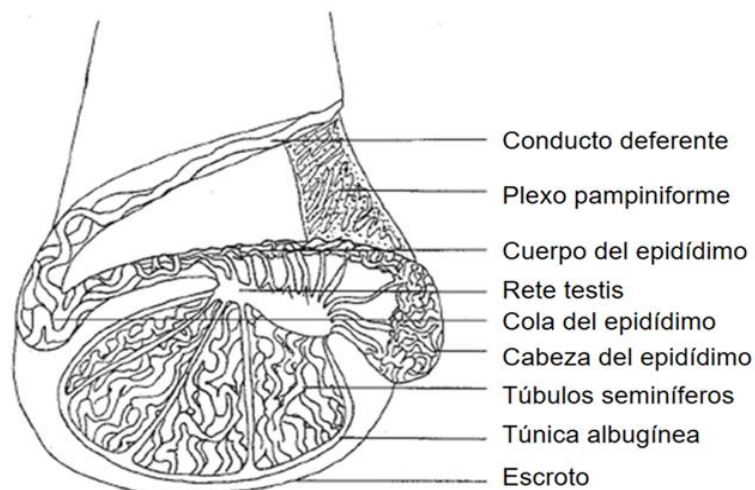
Las tareas del epidídimo se conforman en el almacenamiento, transporte, concentración y maduración de los espermatozoides. Inicialmente en los segmentos del epidídimo se reabsorbe una parte importante del fluido testicular, algunas otras sustancias y proteínas. Las estructuras de los segmentos intermedios realizan su secreción de sustancias implicadas en su maduración de espermatozoides (Boyle, 1992).

Los espermatozoides realizan su maduración adhiriéndose paulatinamente, cuando son puestos a líquidos con composiciones diferentes a lo largo del camino de las estructuras del epidídimo. Este proceso de maduración es importante porque permite que los espermatozoides logren la capacidad de fertilización, motivo por el cual los espermatozoides de la cabeza del epidídimo son infértiles, en contraste con lo que han llegado a la estructura final de la cola del epidídimo logrando con ello la fertilización (Zarco y Boeta, 2000)

Las principales funciones del epididimo se regulan hormonalmente; en donde participan múltiples hormonas esteroides que se secretan por el órgano testicular en las que contiene líquido en el testículo que termina llegando al epididimo, estas estructuras se involucran en la regulación de la funcionalidad de este órgano importante. El responsable del paso de los espermatozoides localizados en el epididimo son los movimientos peristálticos. Dentro del epididimo los espermatozoides están inmóviles razón por la cual impide realizar movimientos para su transporte propio. Su rapidez al transportar los espermatozoides por medio de la cabeza y cuerpo del epididimo no se percibe una afectación por la frecuencia del eyaculado. Por tal razón, si un semental es ocupado con frecuencia no aumenta el porcentaje de espermatozoides inmaduros en dicha eyaculación. Sin

embargo, lo que provoca es una disminución de concentración espermática en los eyaculados y esto nos da como resultado una baja fertilidad. En los casos donde el semental se utiliza múltiples ocasiones en un día (Zarco y Boeta, 2000).

El almacenamiento de espermatozoides maduros se da en la cola del epidídimo. Un garañón adulto entre ambas colas puede tener 54 mil millones de espermatozoides, cantidad suficiente para varias eyaculaciones. Es por ello que la rapidez del paso de los espermatozoides en la cola del epidídimo sufre una afectación por su actividad sexual. Cuando el garañón está en reposo sexual los espermatozoides se encuentran hasta 10 días en esta región, por lo contrario, un semental sexual activo el valor puede reducir a 7 o 8 días. La eliminación de los espermatozoides de dicho eyaculado, son arrojados paulatinamente con dirección a la uretra para su eliminación en la orina. El esperma no utilizado no puede quedarse situado en la cola del epidídimo (Zarco y Boeta, 2000).



**Figura 2 Ilustración esquemática de una sección transversal vertical a través del testículo del semental.**

### **1.5 conducto deferente.**

La estructura comprendida por este conducto es la secuencia del epidídimo extendiéndose desde la cola del epidídimo, a través del cordón espermático hasta la uretra pélvica. Cerca de su origen, el conducto deferente se encuentra medial y paralelo al cuerpo del epidídimo en la superficie dorsal del testículo. El conducto deferente del semental tiene una pared extremadamente gruesa de músculo liso, de modo que el conducto deferente proximal puede palparse fácilmente a través de la piel del escroto. El revestimiento del lumen estrecho es un epitelio columnar pseudoestratificado y está plegado longitudinalmente. El epitelio probablemente tiene una función secretora. A medida que el conducto deferente se acerca a la uretra pélvica, se ensancha en una estructura denominada ampolla del conducto deferente. La ampolla tiene unos 18 mm de diámetro en comparación con los 4 a 5 mm de la mayor parte del dúo deferente. El aumento de diámetro en la región ampular es una consecuencia principal en donde la pared sufre un engrosamiento asociado con la aparición estructural de criptas y glándulas, aunque hay cierto aumento en el diámetro luminal. Después de que la ampolla pasa por debajo del cuerpo de la próstata, el conducto se adhiere a la glándula vesicular ipsolateral dando como resultado un eyaculado en el conducto de la orilla que desemboca en la uretra dentro de una pequeña protuberancia denominada colliculus serninalis. El colliculus serninalis contiene los conductos que van desde ambos lados del tracto (Amann, 1981).

### **1.6 glándulas sexuales accesorias.**

Se componen de estructuras como: Ámpula, vesículas seminales, próstata y glándulas bulbouretrales. La secreción de las glándulas sexuales accesorias forman el mayor número de eyaculado dado por el mismo. Son inmóviles los espermatozoides de la cola del epidídimo, pero los espermatozoides que se encuentran en el semen de recién eyaculación son vigorosos y muestran una adecuada motilidad. Esta buena respuesta se da por la activación al homogenizarse en la uretra con la secreción misma de las glándulas accesorias (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.7 Ámpula.**

Al llegar a la uretra por medio del conducto deferente se conforma un fusiforme nombrada ámpula, es una importante estructura tubular de 0.7 a 2.0 cm de diámetro. El resultado de diferentes glándulas accesorias propicia el engrosamiento de la pared dando como resultado dicho ensanchamiento (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.8 Vesículas seminales.**

Dos sacos elongados y piriformes se ubican lateralmente a estas ámpulas y de manera posterior a la cara dorsal de la vejiga. Dentro del pliegue genital se encuentran las vesículas seminales relacionándose dorsalmente con el recto. La medida aproximada es de 15 a 20 cm de longitud con un diámetro mayor a 5 cm. Se produce abundantes secreciones que al instante del eyaculado son depositados con dirección a la uretra, es en ese sitio donde se da la unión de los espermatozoides que se derivan del epidídimo, a su vez también las secreciones prostáticas y de las glándulas bulbo uretrales que originan el semen. Es por ello que se genera un falso dato de que la vesícula seminal almacena espermatozoides. Esto da origen a que diversos autores en sus

investigaciones nombran glándulas vesiculares. La testosterona es dependiente de la actividad de las vesículas seminales, por lo tanto en la estación de otoño – invierno las secreciones son más abundantes. Estas estructuras secretan un líquido de apariencia gelatinosa (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.9 Próstata.**

Esta estructura es lobular está localizada en el área de la vejiga específicamente en el cuello y al inicio de la uretra, de bajo al recto. Cuenta con 2 lóbulos uno lateral y un istmo en donde se realiza esta conexión. El tejido fibroso encapsula a la próstata la cual contiene fibras musculares de tipo no estriadas. Su aspecto de la secreción prostática es lechoso y lo caracteriza un olor especial. Durante la estimulación preicotal la próstata emana fluidos accesorios que permiten lubricar y limpiar la uretra, contribuyendo a una importante cantidad de fluido del eyaculado (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.10 Glándulas bulbouretrales.**

Estructuralmente están conformadas por dos glándulas que se localizan en cada extremo de la porción pelviana de la uretra cerca del arco isquiático. El musculo uretral las recubre. Tiene una forma ovoide aplanada, dorso ventralmente con ejes en dirección oblicua, es decir hacia enfrente y hacia afuera. En un semental la unidad de medida hace referencia a 4 cm de longitud por 2.5 cm de ancho. En un ejemplar castrado el tamaño es similar al de una avellana. Las secreciones ayudan medianamente a su porción de dicho eyaculado (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.11 Pene.**

La estructura peneana del equino macho es un órgano copulatorio formado por una raíz, cuerpo y glande. En el arco isquiático se inserta la raíz del pene. En el caso de la uretra pelviana se incorpora al pene pasando por encima del arco isquiático. La parte más importante del órgano es el cuerpo se introduce en la sínfisis isquiática mediante ligamentos suspensorios del aparato reproductor.

La uretra peneana forma el cuerpo del pene tiene una estructura cavernosa en ambos órganos. La dimensión del pene en reposo es de 50 cm de los cuales 15 o 20 cm forman parte de la porción libre del prepucio. El pene erecto alcanza a medir hasta 100 cm (Zarco y Boeta, 2000).

El tejido eréctil que compone el pene está conformado por un cuerpo cavernoso y esponjoso, la erección depende de la concentración de sangre del sistema de senos venosos. Cuando se almacena la sangre el tamaño del pene aumenta. Los estímulos visuales juegan un papel importante llegando al cerebro y hacen posible su erección. Estos impulsos parasimpáticos son más poderosos que los simpáticos los cuales generalmente conforman las arteriolas del órgano contraído. Cuando ocurre la dilatación las arteriolas del pene inicia en una acumulación de sangre en los cuerpos cavernosos. De esta manera los músculos isquiocavernosos y bulbo esponjoso logran una contracción, comprimiendo a la vena dorsal del pene y de esta manera bloquea el retorno venoso, generando la congestión de los cuerpos al relajarse los músculos la erección concluye.

La extremidad libre y ensanchada del órgano es el glande del pene. El cual está rodeado por un reborde que se denomina corona del glande su

superficie es de forma convexa en su tamaño inferior presentado una depresión que genera la fosa del glande, formando una prolongación de la uretra cuyas medidas son de 2.5 cm de longitud que se le denomina prolongación uretral (Zarco y Boeta, 2000).

### **1.12 Prepucio.**

Lo conforma una invaginación doble la cual cubre por un lado la porción libre o pre escrotal del miembro cuando esta relajado. Lo compone una parte interna y externa. A la externa se le denomina vaina, la cual se expande iniciando del escroto a una altura de 5 a 8 cm del ombligo (Zarco y Boeta, 2000).

## **2. Espermatogénesis.**

Los procesos por el cual se producen los espermatozoides se denomina espermatogénesis. Por lo tanto, una comprensión general de espermatogénesis y de ciertos detalles de este proceso es esencial para un gerente de estudios o veterinario para efectivamente utilizar la capacidad reproductiva de un semental. (Zarco y Boeta, 2000; Galina, 2008).

El origen embrionario es similar entre las células germinales femeninas y masculinas. Son 3 tipos las que componen a las gónadas indiferenciadas en un embrión: las células que originan a los gametos se les denominan ovogonia o espermatogonia, las células precursoras que van a nutrir a los gametos en su desarrollo son las células de la granulosa en el ovario y posteriormente las células de sertoli nutrirán al testículo. Las células precursoras que secretan hormonas sexuales son las células tecales en el ovario y las células de Leydig en el testículo (Galina, 2008)

Las únicas estructuras del organismo que poseen la capacidad de dividirse por meiosis que sufren una reducción en el número de cromosomas y son responsables de la transmisión de la carga genética a los descendientes son las células denominadas germinales en oposición a las células somáticas que solamente se separan por mitosis (Zarco y Boeta, 2000).

Las fases de secuencia en mitosis, meiosis y postmeiosis caracterizan la formación de gametos. El desarrollo es organizado, coordinado y preciso necesario para su expresión del material genético. Los elementos primordiales de la gametogénesis es la inhibición de cromosómica que por medio de la meiosis, sufre una reducción a la mitad del número de cromosomas y posterior a ello, hay una producción de células diferentes ocasionado por los distintos tipos de material genético en los pares de estos cromosomas que provienen de las partes paterna como materna proceso denominado crossing over en la primer etapa de la meiosis (Galina, 2008).

El orden de la gametogénesis en la hembra se nombra como ovogénesis, hablando del macho se denomina espermatogénesis.

La fuente para la ininterrumpida producción de gametos son las espermatogonias A0 (Galina, 2008). El comienzo en el ciclo de la espermatogénesis da cabida a que algunas espermatogonias de reserva padecen un tipo separación asimétrica por la cual da lugar a una espermatogonia de repuesto y una espermatogonia tipo A1. Dando lugar al inicio de la espermatogénesis, meiosis y espermatogénesis. Esta última tiene una duración de 57 días de los cuales 19.4 se catalogan a la

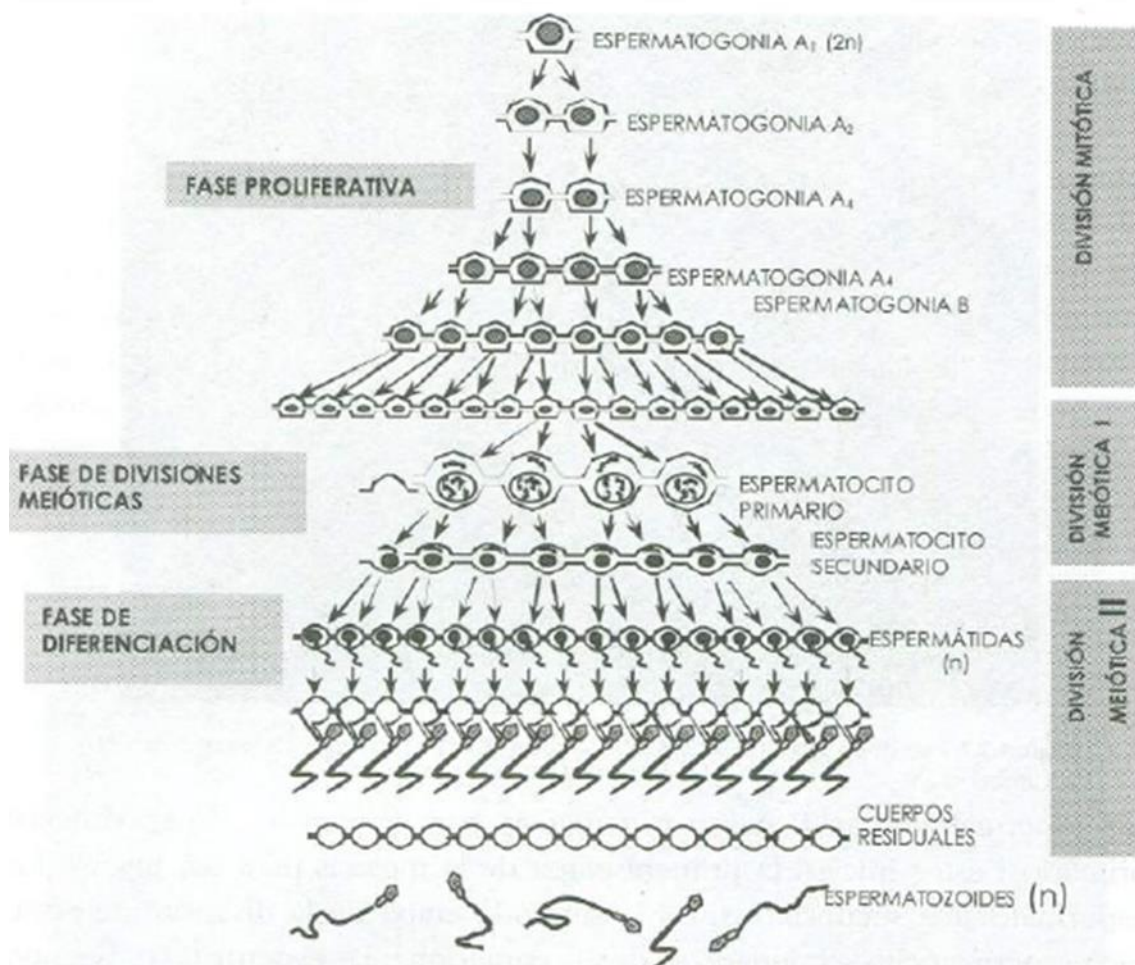
espermatocitogenesis, 19.4 a la meiosis y 18.6 a la espermatogénesis (Zarco y Boeta, 2000).

Mediante este proceso de espermatocitogenesis la espermatogonia tipo A1 padece una serie de fracciones mitóticas. En primer lugar, son cuatro divisiones mitóticas por las cuales se forman 8 espermatogonias A1 que prevalecen en unión por enlaces citoplasmáticos. Más adelante, las llamadas espermatogonias siguen el proceso de división en las que las hijas células se diferencian, dando lugar a una espermatogonia tipo A2,A3,B1 y B2 para concluir los espermatocitos primarios. A lo largo de este tiempo si en el resto de la espermatogénesis las células hijas resultantes de la separación prevalecen en unión a sus hermanas por medio de puentes citoplasmáticos. En este sentido, la totalidad de descendientes de una espermatogonia A1 crea una clona, en la que las divisiones celulares ocurren de manera organizada, al formarse los espermatocitos primarios da apertura al inicio de la meiosis (Zarco y Boeta, 2000).

Para conformar los espermatocitos las denominadas espermatogonias B, la mitosis es parte del proceso. En una primera etapa da lugar a los espermatocitos secundarios, en la segunda fase se da la división meiótica, los espermatocitos secundarios se agrupan para formar las espermatidas. Una vez que el testículo alcanza su desarrollo total la meiosis se completa y las espermatidas que se generan, se transforman en espermatozoides. Una característica de este suceso es el alargamiento de las espermatidas y por ende su migración en dirección al lumen del túbulo (Galina, 2008).

Para el estudio de la espermatogénesis es necesario dividir en tres periodos que se rigen en las siguientes especificaciones:

1. La fase proliferativa. En la pubertad y vida reproductiva del macho las espermatogonias se clasifican de una forma rápida y consecutiva por mitosis: tipo A0 estas células se le denominan tronco, las A1-A4, las intermedias y las tipo B. En conjunto dan referencia a los estadios secuenciales del proceso de la espermatogonia.
2. La fase meiótica. Pasa por un proceso de recombinación y segregación mismo que posibilita que el espermatocito primario realice su primera división meiótica o reduccional dando inicio a los espermatocitos primarios. El proceso es prolongado porque se da lugar a múltiples transformaciones de material genético entre los pares de cromosomas. Los estadios de esta separación son similares a los que se originan en la meiosis de la hembra, los cromosomas sexuales de igual manera se desunen de una forma de un espermatocito secundario va a recibir el cromosoma X y el cromosoma Y. En una segunda división meiótica de espermatocitos que son secundario dan lugar a dos espermatidas.
3. La fase espermiogenica. Se conforman en la reestructuración de espermatidas en espermias organizadas para fecundar el ovulo. Estas transformaciones que se originan al estar las espermatidas ambas juntas con el citoplasma del tipo de células de sertoli. En el tiempo que lleva estos pasos da origen a una observación opuesta de las partes que forman el esperma. En primer lugar, la cabeza de este núcleo el acromosoma, el cuello o la cola la cual representa una parte motriz del esperma (Galina, 2008).



**Figura 3 Espermatogénesis.**

### 3. Espermatozoide equino.

los espermatozoides se producen dentro de los túbulos seminíferos y son compatibles o alimentados por las células de Sertoli. Comienzan como células germinales subdesarrolladas o espermatogonias unidas a la pared de los túbulos seminíferos, y luego se desarrollan progresivamente en espermatoцитos primarios, espermatoцитos secundarios, espermátidas y finalmente espermato maduro (Amann, 1981; Amann y Graham, 1993).

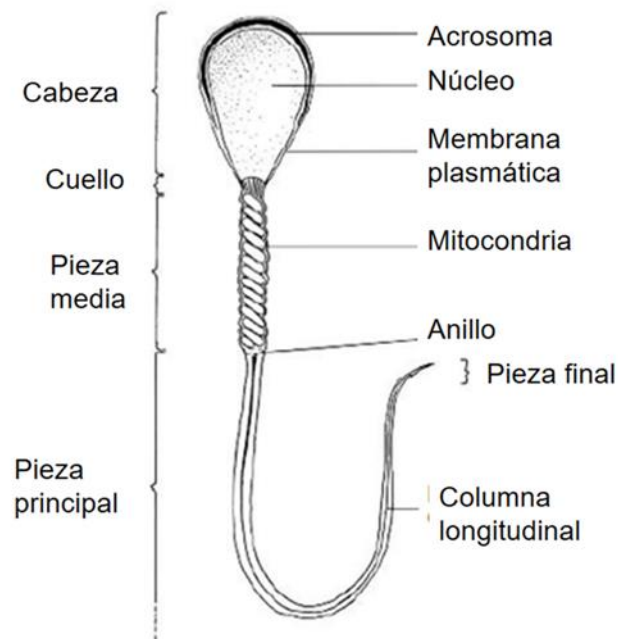
A medida que se desarrollan, migran, dentro de sus células de Sertoli, lejos de la pared de los túbulos seminíferos hacia la luz abierta. Una vez maduros, son liberados por su célula de Sertoli, liberados en la luz y empujados a lo largo de los túbulos seminíferos por contracciones rítmicas de los túbulos y el líquido secretor circundante. En esta etapa, han perdido una cantidad considerable de citoplasma, pero han desarrollado colas. Las colas no son funcionales hasta que se produce la maduración epididimaria. Todo el ciclo de desarrollo dura 57 días y ocurre en olas, asegurando un suministro continuo de esperma maduro para la eyaculación, siempre que el semental no se use en exceso (Davies Morel, 1999).

La producción diaria promedio de espermatozoides de un semental maduro es del orden de  $7-8 \times 10^9$  espermatozoides y los espermatozoides pasan de 8-11 días desde los testículos al exterior (Dinger y Noiles, 1986; Johnson et al., 1997; Davies Morel, 1999). La producción total de esperma está relacionada con el tamaño o el volumen de los testículos, que se puede evaluar mediante el uso de pinzas o ultrasonidos. El uso de pinzas en el semental no es tan fácil como en otros animales, que tienen testículos más colgantes. Ultrasonido se prefiere la evaluación y da un resultado más preciso (Love et al., 1991).

Estructuralmente, los espermatozoides constan de tres áreas: la cabeza; la pieza intermedia y la cola, con tres funciones distintas. La cabeza está compuesta principalmente de material nuclear, que contiene el número haploide de cromosomas (la mitad del número normal, 32, para permitir la fusión con los óvulos para dar el complemento diploide normal de 64). La cabeza del esperma tiene una membrana doble, la membrana celular

externa y la membrana nuclear interna, excepto en la región del acrosoma en la parte superior de la cabeza, donde hay una membrana adicional del acrosoma (Davies Morel, 1999).

La importancia de esta membrana se hará evidente cuando se considere la fertilización, ya que es responsable de la ruptura de la membrana celular y la membrana nuclear en la fertilización, dando lugar a la unión de los núcleos del macho y de la hembra. Esta parte media del espermatozoide contiene una alta proporción de mitocondrias, orgánulos dentro de la célula que producen energía. La parte media a menudo se denomina la planta de energía de los espermatozoides, proporcionando la energía para impulsar la cola. La cola está compuesta de una serie de fibrillas musculares, equivalentes a las que se encuentran en los principales bloques musculares del cuerpo. Usando la energía proporcionada por la parte media, la cola se azota de lado a lado, produciendo un movimiento ondulatorio (Amann y Graham, 1993; Davies Morel, 1999).



**Figura 4 Estructuración y conformación del espermatozoide en el equino macho.**

#### **4. Semen equino.**

Semen es el término aplicado al plasma seminal más esperma, y en el seminal hay un líquido gelatinoso blanco lechoso. La concentración de esperma del semen varía con la fracción examinada. Como se mencionó anteriormente, hay tres fracciones identificables, pre-esperma, rica en esperma y fracciones posteriores a la esperma. La fracción previa a la esperma es la fracción inicial y no contiene esperma. Su función es limpiar y lubricar la uretra antes de la eyaculación. La orina rancia y las bacterias se acumulan fácilmente en la uretra. La alta concentración de bacterias en esta fracción significa que se debe evitar su recolección al recolectar semen para inseminación artificial (Davies Morel, 1999).

La fracción rica en esperma es el depósito principal del semental y comienza tan pronto como el glande se hincha para forzar la entrada al cuello uterino. Esta fracción normalmente consta de una dimensión de 40 a 80 ml, el porcentaje de esperma y componentes bioquímicos de líquido seminal varía entre un 80 a 90% del mismo (Davies Morel, 1999).

La proporción tercera es la unidad posterior al esperma o gel. Su volumen varía enormemente de ninguno a 80 ml y depende de la libido: cuanto mayor es la libido, mayor es la fracción de gel. La temporada también afecta el volumen de gel fracción, siendo menor en la temporada no reproductiva. La raza y el uso previo también tienen un efecto. Si se usa un semental más de una vez al día, la segunda eyaculación frecuentemente tiene la mitad de la fracción de gel que la primera. El volumen de la fracción sin gel también se ve afectado por la edad, al igual que el número de espermatozoides y la concentración (Squires et al., 1979).

### **5. La estacionalidad reproductiva del equino macho**

El caballo es una especie de reproducción estacional (Jasko, 1992; Aurich, 2016). Perteneciendo a la categoría de los animales de días largos en el cual estimulan y mantienen a los animales en reproducción. La temporada de apareamiento de los equinos corresponde a las estaciones que oscilan entre primavera vs verano, donde la gestación tiene una duración aproximada de 11 meses favoreciendo con ello la supervivencia de la cría, permitiendo que los partos sean cuando haya disponibilidad de alimento (Bustos y Torres, 2012). En las hembras tiene lugar un periodo de anestro en invierno, ovulando en la estación que corresponde entre la estación

verano y el otoño, el potro tiene dimensiones mayores en los tubulos seminíferos con una mayor actividad en el ciclo reproductivo que corresponde a los meses de actividad reproductiva a diferencia de los otros meses (Berndtson et al., 1983; Janett et al., 2003; Pricking et al., 2017).

En el equino macho presenta diferenciación estacional significativa, donde existe una variación en la calidad seminal causados por la época del año, latitud, manejo de sementales, frecuencia de colección de semen, raza, fotoperiodo, actividad endocrina testicular y la secreción de glándulas accesorias (Janett et al., 2003).

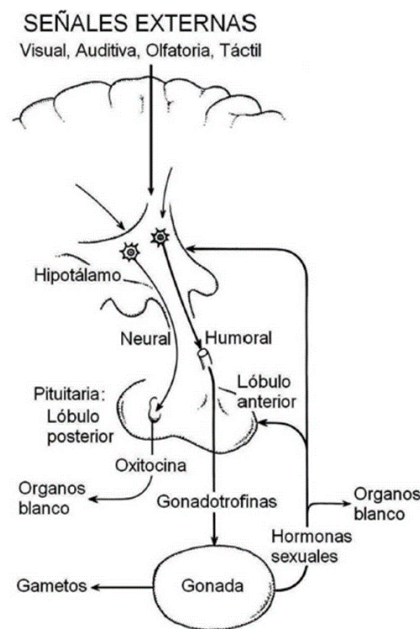
El periodo de la actividad sexual se evidencia en los cambios que se pueden observar en el diámetro del testículo equino y el nivel de la secreción de hormonas gonadotropicas variando con la edad, estación, la raza y estado de salud, correlacionado con la producción diaria de esperma (Johnson y Thompson, 1983; Pricking et al., 2017).

## **6. Control fotoperiodico de la reproducción.**

### **6.1 Maquina fotoneuroendocrina.**

Caracteriza el fotoperiodo mediante tres componentes principales con los cuales se realiza el trabajo del fotoperiodo. Como primero punto debe de existir el fotorreceptor en el cual detectará la luz lumínica durante el día, y se requerirá de igual manera de un reloj que va distinguir días largos de los días cortos. Como segundo punto, es necesario establecer una vía neural que servirá como vínculo entre el reloj y el aparato neuroendocrino. Como tercer y último componente es el sistema endocrino el cual va incluir a la secreción gonadotropica hipofisaria, dando lugar a su crecimiento y

feed back gonadal originada por esteroides sexuales (Bustos y Torres, 2012).

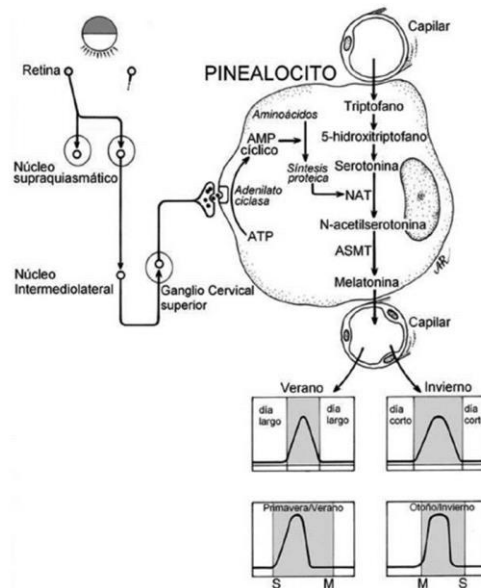


**Figura 5 indicadores externos que forman parte de la producción gamética en especie de animales de reproducción estacional y su vínculo con la actividad gonadal.**

## 6.2 Fotorrecepcion.

La especie mamífera utiliza los ojos como fotorreceptores para realizar la medición de la duración de un día, pero la estructura por la que se lleva a cabo es diferente a la de la apreciación y creación de imagen. Los datos

almacenados llevan un cable del nervio óptico estas neuronas son diferentes a las del sistema por el que realizamos la visión, por consiguiente las células ganglionares tienen un fotopigmento único llamado melanopsina (Panda et al., 2005). En donde estas culminan en la parte de los núcleos supraquiasmáticos, están compuestos por dos estructuras que se localizan en la parte del hipotálamo ubicada en el quiasma óptico (Hattar et al., 2002). Y en conjunto constituyen el tracto retino hipotalámico.



**Figura 6 Esquemización del aparato foto neuroendocrino y estructuración en la secreción de melatonina en reproductores de días largos y reproductores de días cortos.**

### 6.3Reloj Biológico.

El reloj biológico es un dispositivo cuya función principal es medir el tiempo, similar a un reloj circadiano que dura un promedio de 24 horas, su localización es en el núcleo supraquiasmático. Las áreas que lo componen tienen miles de neuronas para regular los ritmos circadianos del

organismo. Su eliminación desprograma los esquemas simultáneos entre el sueño y la vigilia, así como también la función adrenal, además del control de temperatura del cuerpo (Reiter, 1973).

#### **6.4 Enlace neural-endocrino.**

Los mamíferos se caracterizan por ser de reproducción estacional, la función de la glándula pineal es actuar como un potente transductor neuroendocrinológico. Al procesar la información lumínica en los núcleos supraquiasmáticos, el impulso nervioso recorre el tronco a nivel cerebral y desciende a la médula espinal. Por su parte los nervios simpáticos que fluyen de la región torácica de la médula, suben hacia la parte superior del cuello logrando con ello una sinapsis neural en los ganglios cervicales superiores (Kapper, 1976). En esa dirección los nervios simpáticos postganglionares se dirigen a la cabeza y realizan una inervación en diferentes estructuras como la glándula pineal. Al liberar noradrenalina en los pinealocitos por acción de las neuronas simpáticas el comienzo de la noche esta hace la función de regulación aumentando la producción y permite liberar melatonina a las circulaciones de los nervios y sistemas (Reiter, 1991).

De manera recurrente en la noche tiene lugar la actividad de la glándula pineal en donde se regula por acción del reloj circadiano localizado en el núcleo supraquiasmático (Bustos y Torres, 2012).

#### **7. Neuroendocrinología de la estacionalidad reproductiva.**

Los procesos endocrinos de un organismo no pueden estar disociados del resultado que da lugar en el organismo tampoco en el entorno. Por esta razón, el sistema endocrino y el sistema nervioso se comunican entre sí,

formando en su conjunto el sistema neuroendocrino (Bustos y Torres, 2012).

### **7.1 El hipotálamo.**

El hipotálamo es el órgano principal del sistema neuroendocrino. El cual se conforma por cuya región es del sistema nervioso central que le permite tener información de los órganos y sentidos, por lo que su función es directa o indirectamente recibiendo proyecciones nerviosas provenientes de la retina, los bulbos olfatorios primarios y secundarios, el oído, la piel, los órganos internos y del estado metabólico del animal (Galina, 2008). y con base en ello decidir la frecuencia con la que secreta el GnRH. Esta frecuencia es de gran importancia, ya que a frecuencias bajas la parte de la hipófisis dará respuesta con la secreción de FSH y LH en una concentración suficiente, por lo tanto, al acelerar la secreción de GnRH la hipófisis dará respuesta en la producción de FSH. Si se acelera en demasía la secreción pulsátil de GnRH la hipófisis dará respuesta secretando LH. Esto quiere decir que este órgano genera secreción pulsátil de manera positiva o negativa (Zarco y Boeta, 2000). El hipotálamo regula las funciones vitales como el hambre, la sed y el sueño. También es el órgano encargado de regular una función vital para la supervivencia de cualquier especie: la reproducción (Galina, 2008).

### **7.2 GnRH.**

La GnRH tiene como principal función el control de liberar dos gonadotropinas hipofisarias tales como la FSH y LH. La secreción de GnRH se lleva a cabo de forma pulsátil en las hembras, en donde la frecuencia varía de acuerdo a época del año, periodo del ciclo estral, edad y condición nutricional (Galina, 2008).

En el macho la producción tónica de GnRH estimula la secreción de LH y FSH necesarias para mantener un adecuado funcionamiento testicular. En el macho no existe la secreción cíclica. El GnRH actúa principalmente a nivel adenohipofisiario, aunque pueda presentar funciones prioritarias a nivel del cerebro, interviniendo en procesos como la recepción sexual, así como algunos efectos directos a nivel gonadal (Galina, 2008; Zarco y Boeta, 2000).

### 7.3 Hipófisis.

La hipófisis o glándula pituitaria, se conforma por la adenohipófisis, la neurohipófisis y la hipófisis intermedia (Galina, 2008).

### 7.4 Gonadotropinas.

Las hormonas y su función primordial es la de dar estímulos para su funcionamiento óptimo de las gónadas masculinas y femeninas. La LH en el macho estimula la creación de testosterona por las células de Leydig, por lo tanto la FSH propicia en las células de sertoli una conversión de andrógenos a estrógenos, la secreción de inhibina y la producción de la proteína liberadora de andrógenos (Zarco y Boeta, 2000; Galina, 2008).

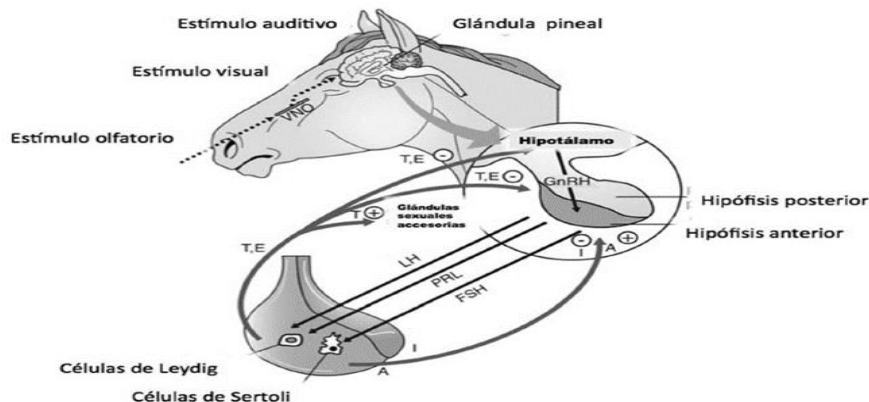


Figura 7 Esquema de retroalimentación positiva (+) y negativa (-) de la producción y liberación de hormonas en el potro.

### **7.5 Glándula pineal.**

La duración del día es percibida por una glándula denominada pineal que se sitúa en la superficie del cerebro, en la cual la melatonina hace su función de control de la actividad en el eje – hipotalámico – hipofisiario – ovárico. La melatonina se produce de forma nocturna por la glándula pineal que por medio de los días cortos direcciona el aparato reproductivo, realizando una inhibición en la actividad del mismo eje. A medida que aumenta la duración del día, se elimina la inhibición del eje, lo que permite que el hipotálamo produzca la hormona que libera gonadotropina (GnRH), lo que impulsa producir a la LH (hormona luteinizante) y la FSH (folículo estimulante) por acción de la hipófisis (Fitzgerald et al., 1987).

La glándula pineal secreta melatonina en dos fases: fotofase (durante el día); y scotophase (noche). Por lo tanto, demuestra una secreción circadiano, con los niveles más altos de secreción evidentes durante la escotofase (Davies Morel, 1999).

La presencia o ausencia de luz diurna es percibida por la glándula pineal a través de mensajes neuronales desde la retina del ojo. En ausencia de luz, se impulsa la conversión de triptófano a melatonina (Grubaugh et al., 1982; Kilmer et al., 1982; Cleaver et al., 1991; Sharp y Clever, 1993).

Por medio de la liberación de esta sustancia nombrada noradrenalina alojada en los pinealocitos por acción de las neuronas simpáticas al comienzo de la noche en donde regula la liberación de la producción de melatonina a circulaciones nerviosas y sistémicas (Reiter, 1991). Esta actividad se realiza únicamente en la noche donde la actividad por parte de la glándula pineal es mediada por el reloj cicardiano que se encuentra en el núcleo supraquiasmático (Bustos y Torres, 2012).

### **7.6 Hormonas gonadales.**

Las principales hormonas producidas en la gonada son hormonas esteroides (progestágenos, andrógenos, estrógenos). En este grupo hormonal está constituido por sustancias de naturaleza lipídica derivadas del colesterol (Galina, 2008).

### **7.7 Andrógenos.**

Los andrógenos son secretados por células denominadas de Leydig en el equino macho y en la hembra las células de la teca internas. En el macho los efectos de los andrógenos están encaminados a lograr que este tenga el mayor número de hijos posible. Para ello, no solo estimula la espermatogénesis y el funcionamiento de los órganos reproductivos, si no que provoca una serie de cambios físicos y conductuales orientados a atraer a las hembras (caracteres sexuales secundarios, conductas de cortejo, producción de ferohormonas), copular con ellas (libido, conductas de acercamiento, exploración, monta, intromisión, y eyaculación) y competir con otros machos por las hembras (efectos anabólicos sobre la musculatura, conducta de agresividad, supremacía territorial y mejores cornamentas). Aunque en la hembra los efectos de los andrógenos son menos evidentes, en algunas especies son necesarios para una conducta sexual adecuada (Galina, 2008).

### **7.8 Estrógenos.**

El órgano testicular del macho contiene una elevada concentración de estrógenos y estronas, con valores de 150 a 200 pg/ml y es la concentración más alta en el testículo comparado con los demás mamíferos (Bustos, 2012).

### **7.9 Inhibina.**

La inhibina es una hormona de naturaleza glicoproteica que la producen las células de sertoli del macho equino y las células de la granulosa en las hembras. En ambos casos las secreciones de esta hormona estimulada por acción de la FSH. El efecto principal de la inhibina se presenta a nivel hipofisiario, en donde precisamente inhibe la secreción de FSH (Galina, 2008; Zarco y Boeta, 2000; Bustos y Torres, 2012).

**OBJETIVO.**

Determinar la influencia de la época del año sobre el volumen y concentración seminal en equinos cuarto de milla.

**HIPOTESIS**

Existe variabilidad en volumen y concentración espermática de acuerdo a los meses del año.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **3.1 Lugar del estudio**

El estudio de campo se realizó en un criadero comercial de caballos cuarto de milla en el norte de México (Latitud 26° 23' N y Longitud 104° 47' O). Con una precipitación media anual del área de estudio de 230 mm y una altitud de 1122 msnm. La temperatura ambiente es de 41°C en mayo y junio y bajas de -3°C en diciembre y enero. Los rangos de humedad relativa van desde 26,14% y 60.59 y duración de hora luz de 13h, 41 min durante el solsticio de verano (junio) a 10 h, 19 min en solsticio de invierno (diciembre).

### **3.2 Manejo de los animales.**

Se utilizaron seis sementales sexualmente experimentados de la raza Cuarto de Milla, con un promedio de edad de 9 años y una condición corporal de 3 (escala 1-5) con un peso corporal promedio de peso de 500 kg, los machos provenían de buena fertilidad teniendo todos los sementales un buen estado de salud. Los equinos fueron alojados en caballerizas de 4X4 m y un área de sol (6 x 4 m). Fueron alimentados con una dieta que cubría sus requerimientos nutricionales a base de heno de alfalfa y concentrado de 12% de proteína cruda dos veces al día por la mañana (8:00 am) y por la tarde (18:00 pm) y agua a libre acceso.

### **3.3 Colección del semen**

Previo a la colección de semen, se contó con una yegua en estro, y se colocó un tirapié para evitar accidentes, tanto para el operador como al semental al momento de la recolección de semen. Se lavó el pene y glande del garañón con agua tibia, retirando el esmegma y otras

suciedades que se encontraban en el prepucio. Se utilizó una vagina artificial (VA) Colorado (USA), que consta de un cuerpo rígido, de dos mangas de látex (Liner) una que funciona como cámara de presión y la otra que hace contacto con el pene y semen. Una vez armada la vagina artificial, se llenó de agua a una temperatura de 45° a 60°C.

### **3.4 Evaluación de semen**

#### **3.4.1 Volumen y concentración**

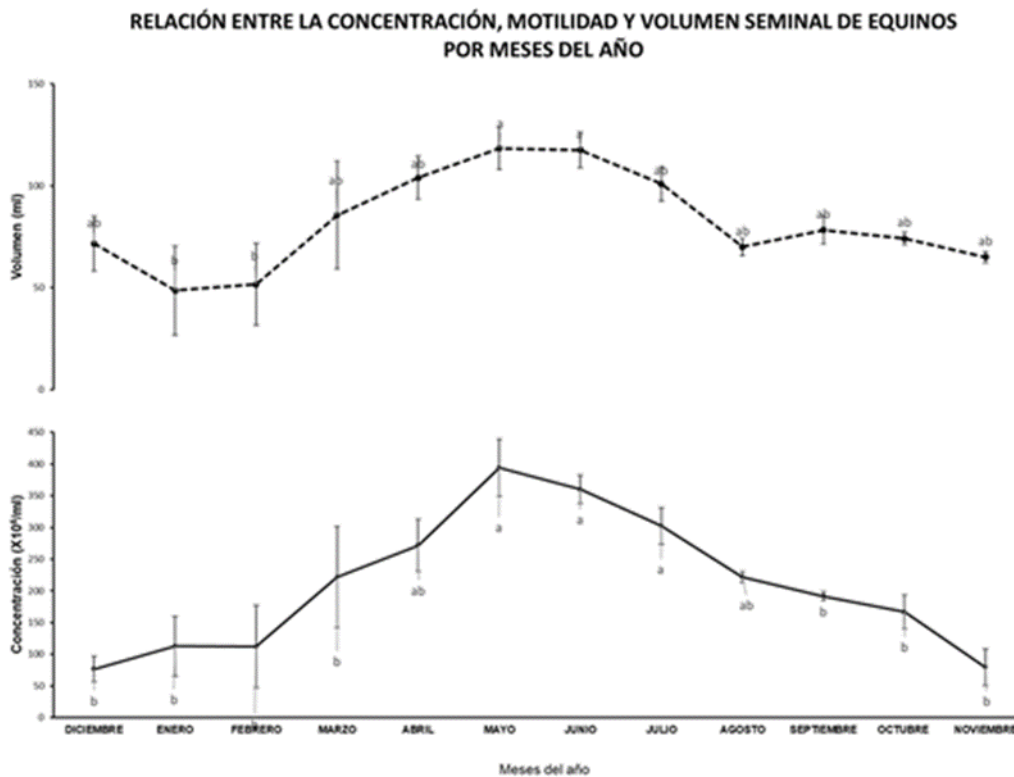
El volumen del eyaculado fue determinado usando un tubo cónico graduado en medidas de 1 ml, Inmediatamente transportados al laboratorio inmerso en baño maría a 38° C. La Concentración espermática ( $\times 10^6/\text{ml}$ ), se determinó utilizando un fotómetro SpermaCue (Minitube, Qro, México).

#### **3.5 Análisis estadístico.**

Se utilizó un diseño completamente al azar, con parcelas divididas. Los datos de volumen, y concentración espermática se compararon mediante una ANOVA y si existían diferencia estadística se revisaban con una prueba de tukey para determinar el efecto entre medias. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con el programa estadístico SYSTAT 12.0, y se consideró una diferencia de  $P < 0.05$  como significativa.

## RESULTADOS

Los parámetros espermáticos correspondientes a volumen y concentración se muestran en la figura 1. Pudiendo observar durante los diferentes meses del año un mayor volumen espermática en el periodo comprendido de mayo - julio, mientras, una mayor disminución de noviembre a febrero ( $P < 0.05$ ). También se puede observar una marcada diferencia en cuanto al volumen durante la época de otoño con respecto a primavera y verano ( $P < 0.05$ ). En concentración espermática se observó una mayor concentración en el mes de mayo, mientras, una mayor disminución de noviembre a febrero ( $P < 0.05$ ).



**Tabla 1. Volumen y concentración espermática por mes en caballos cuarto de milla a latitudes de 26° N.**

Letras diferentes denotan diferencias entre grupos  $p < 0.05$ .

Mientras en la figura 4 está la correlación entre concentración y volumen.

No se encontró una correlación lineal entre meses para estas variables teniendo una  $R^2 = 0.039$

## **DISCUSIÓN.**

En el presente trabajo los resultados obtenidos confirmaron la hipótesis establecida. Así, se encontró que los meses a través del año provocaron una variabilidad en volumen y concentración espermática. Los presentes hallazgos son similares a lo descrito por Gamboa y col. (2010) los cuales observaron claras variaciones de la calidad espermática en las diferentes estaciones del año, siendo el invierno la estación en la que se observó una mala calidad espermática. En los resultados obtenidos de la presente investigación observamos una disminución del volumen y concentración espermática en los meses de noviembre a febrero (invierno). Aurich. (2016) asocia que influyen diversos factores tales como la inhibición de la liberación de gonadotropinas durante la época de invierno. Por lo que Zarco y Boeta. (2000) argumentan que estas hormonas tienen la misión principal de estimular el funcionamiento de las gónadas, en el macho la LH da estimulación a la producción de testosterona circulante por acción de las células de Leydig, estas células a su vez secretan hormonas sexuales, mientras que la FSH estimula en las células de Sertoli a nutrir a los gametos en desarrollo, otra de las funciones es la conversión de estos andrógenos a estrógenos, la secreción de inhibina y la producción de la proteína liberadora de andrógenos, por lo tanto el impacto que tiene la inhibición de gonadotropinas se relaciona con la mala calidad del semen en época de invierno. Por otro lado, respecto al resultado que surgió del presente estudio, observamos que hubo un mayor volumen espermático durante los meses de mayo a julio. Lo cual, concuerda con lo descrito por Pickett et al. (1975) y Janett et al. (2003) en que existen diferencias en cuanto al volumen del eyaculado en relación a los meses del año, en donde hay una

mayor producción de semen durante los meses que corresponden a la estación de monta.

Gamboa et al. (2010) observaron una mejor calidad del semen entre finales de marzo y mayo que corresponde a la época reproductiva. Bustos. (2012) menciona que lo anterior, puede relacionarse con el fotoperiodo ya que los equinos pertenecen a la categoría de los animales de días largos los cuales estimulan y mantienen a los animales en reproducción, debido a una elevada población de espermatogonias (Johnson, 1991). logrando con ello una mayor producción de gonadotropinas y por ende una buena espermatogénesis. En relación a la concentración espermática, los resultados de nuestra investigación nos arrojaron un pico en el mes de mayo. Por el contrario, Gamboa et al. (2010) y Janett et al. (2003) encontraron que la concentración espermática es mayor en invierno y concentraciones menores durante la época de cría. Lo anterior lo relacionamos a una variación en la calidad seminal causados por el fotoperiodo y la latitud (Janett et al. 2003).

**CONCLUSIÓN.**

De acuerdo a los resultados del presente trabajo, nos indican que el caballo cuarto de milla bajo condiciones fotoperiódicas cambiantes en la región subtropical del norte de México, presentan una variabilidad marcada respecto al volumen y concentración espermática de acuerdo a los meses del año.

**LITERATURA CITADA.**

- Amann, R. P. (1981). A review of anatomy and physiology of the stallion. *Journal of Equine Veterinary Science*, 1(3), 83-105.
- Amann, R.P. and Graham, J.K. (1993) Spermatozoal function. In: McKinnon, A.O. and Voss, J.L. (eds) *Equine Reproduction*. Lea and Febiger, Philadelphia, pp. 715–745.
- Aurich, C. (2016). Reimpresión de: Influencias estacionales en el semen de semental refrigerado y congelado descongelado. *Revista de Ciencias Veterinarias Equinas* , 43 , S1-S5.
- Berndtson, W. E., Squires, E. L., & Thompson Jr, D. L. (1983). Spermatogenesis, testicular composition and the concentration of testosterone in the equine testis as influenced by season. *Theriogenology*, 20(4), 449-457.
- Boyle, M. S. (1992). Artificial insemination in the horse. In *Annales de zootechnie* (Vol. 41, No. 3-4, pp. 311-318).
- Bustos Obregón, E., & Torres-Díaz, L. (2012). Reproducción estacional en el macho. *International Journal of Morphology*, 30(4), 1266-1279.

- Clay CM, Clay JN. Endocrine and testicular changes associated with season, artificial photoperiod, and the peri-pubertal period in stallions. *Equine Pract* 1992;8:31–55.
- Cleaver, B. D., Grubaugh, W. R., Davis, S. D., Sheerin, P. C., Franklin, K. J., & Sharp, D. C. (1991). Effect of constant light exposure on circulating gonadotrophin levels and hypothalamic gonadotrophin-releasing hormone (GnRH) content in the ovariectomized pony mare. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 44, 259-266.
- Davies Morel, M. C. (1999). *Equine: artificial insemination* (No. 636.1 D38).
- Diaz, N. (2010). Características del eyaculado equino y variaciones estacionales. *Revisión bibliográfica Ciencia y tecnología Ganadera*, 4.
- Dinger, J. E., & Noiles, E. E. (1986). Prediction of daily sperm output in stallions. *Theriogenology*, 26(1), 61-67.
- Fitzgerald, B. P., Affleck, K. J., Barrows, S. P., Murdoch, W. L., Barker, K. B., & Loy, R. G. (1987). Changes in LH pulse frequency and amplitude in intact mares during the transition into the breeding season. *Reproduction*, 79(2), 485-493.

Galina C, Valencia. Reproducción de los animales domésticos. Tercera Edición. Limusa. Pag: 27-47.

Gamboa, S., Francisco, M., Gomes, P., Mendes, C., Machado-Faria, M., & Ramalho-Santos, J. (2011). Level of glycolyzable substrates in stallion semen: effect of ejaculation frequency on sperm survival after cool storage during the nonbreeding season. *Journal of Equine Veterinary Science*, 31(3), 109-115.

Gerlach T, Aurich JE. Regulation of seasonal reproductive activity in the stallion, ram and hamster. *Anim Reprod Sci*. 2000;58:197–213..

Grubaug, W., Sharp, D. C., Berglund, L. A., McDowell, K. J., Kilmer, D. M., Peck, L. S., & Seamans, K. W. (1982). Effects of pinealectomy in pony mares. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 32, 293-295.

Hattar, S., Liao, H. W., Takao, M., Berson, D. M., & Yau, K. W. (2002). Melanopsin-containing retinal ganglion cells: architecture, projections, and intrinsic photosensitivity. *Science*, 295(5557), 1065-1070.

- Janett, F., Thun, R., Niederer, K., Burger, D. y Hässig, M. (2003). Cambios estacionales en la calidad y congelación del semen en el semental Warmblood. *Teriogenología* , 60 (3), 453-461.
- Jasko, D. J. (1992). Evaluation of stallion semen. *Veterinary Clinics of North America: Equine Practice*, 8(1), 129-148.
- Johnson, L. (1991). Seasonal differences in equine spermatocytogenesis. *Biology of reproduction*, 44(2), 284-291.
- Johnson, L. y Thompson Jr, DL (1983). Variación estacional y relacionada con la edad en la población de células de Sertoli, producción diaria de espermatozoides y concentraciones séricas de hormona estimulante del folículo, hormona luteinizante y testosterona en sementales. *Biología de la reproducción* , 29 (3), 777-789.
- Johnson, L., Blanchard, T. L., Varner, D. D., & Scrutchfield, W. L. (1997). Factors affecting spermatogenesis in the stallion. *Theriogenology*, 48(7), 1199-1216.
- Kappers, J. A. (1976). The mammalian pineal gland, a survey. *Acta neurochirurgica*, 34(1), 109-149.

- Kilmer, D. M., Sharp, D. C., Berglund, L. A., Grubaugh, W., McDowell, K. J., & Peck, L. S. (1982). Melatonin rhythms in Pony mares and foals. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 32, 303-307.
- Love, C. C., Garcia, M. C., Riera, F. R., & Kenney, R. M. (1991). Evaluation of measures taken by ultrasonography and caliper to estimate testicular volume and predict daily sperm output in the stallion. *Journal of reproduction and fertility. Supplement*, 44, 99-105.
- Panda, S., Nayak, S. K., Campo, B., Walker, J. R., Hogenesch, J. B., & Jegla, T. (2005). Illumination of the melanopsin signaling pathway. *Science*, 307(5709), 600-604.
- Pricking, S., Bollwein, H., Spilker, K., Martinsson, G., Schweizer, A., Thomas, S., ... y Sieme, H. (2017). Volumetría testicular y predicción de la producción diaria de espermatozoides en sementales mediante orquidometría y ecografía bidimensional y tridimensional. *Teriogenología* , 104 , 149-155.
- Reiter, R. J. (1973). Pineal control of a seasonal reproductive rhythm in male golden hamsters exposed to natural daylight and temperature. *Endocrinology*, 92(2), 423-430.

- Reiter, RJ (1991). Melatonina: la expresión química de la oscuridad. *Endocrinología molecular y celular*, 79 (1-3), C153-C158.
- Sharp, D.C. and Clever, B.D. (1993) Melatonin. In: McKinnon, A.O. and Voss, J.L. (eds) *Equine Reproduction*. Lea and Febiger, Philadelphia, pp. 100–108.
- Sisson, S., Grossman, J. D. (1982). *Anatomía de los animales domésticos*. (5ª edición). Barcelona: MASSON
- Squires, E. L., Pickett, B. W., & Amann, R. P. (1979). Effect of successive ejaculation on stallion seminal characteristics. *Journal of reproduction and fertility*. Supplement, (27), 7-12.
- Voss, JL, Pickett, BW, Faulkner, LC, Seidel Jr, GE y Berndtson, WE (1976). Fisiología reproductiva del semental. IV. Seminal y. *REVISTA DE CIENCIA ANIMAL*, 43 (3), 617-625.
- Zarco L, Boeta M. 2000. *Reproducción equina*. Segunda Edición. Academia de investigación de Biología de la reproducción equina, A.C. UNAM. Pag: 147-147.