

**UNIVERSIDAD DE LA REPÚBLICA**

**FACULTAD DE VETERINARIA**

**USO DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN EL EXAMEN ANDROLÓGICO**

**“por”**

**Paola SAN PEDRO ANTIVERO**

**TESIS DE GRADO** presentada como uno de  
los requisitos para obtener el título de Doctor  
en Ciencias Veterinarias  
Orientación: Producción Animal

**MODALIDAD REVISIÓN MONOGRÁFICA**

**MONTEVIDEO  
URUGUAY  
2018**

## **PÁGINA DE APROBACIÓN**

**Presidente de Mesa:**.....  
Dr. Gonzalo Rosés

**Segundo Miembro (Tutor):**.....  
Dr. Danilo Fila

**Tercer Miembro:**.....  
Dra. Victoria Sorriba

**Cuarto miembro (Co-tutor):**.....  
Dr. Juan Carlos Boggio

**Fecha:** 20/12/2018

**Autor:**.....  
Br. Paola San Pedro Antivero

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Danilo Fila por haberme dado la oportunidad de realizar esta última instancia de la carrera bajo su tutoría.

Especial agradecimiento al Dr. Juan Carlos Boggio Devincenzi por su colaboración, paciencia y dedicación en la elaboración de este trabajo.

Agradezco a familia y amigos principalmente a mis padres (Paul y Norma), hermanos (Vane, Pablo y Emilio) y a mi hija Agustina por siempre estar presentes y apoyarme en todo.

A las personas que conocí a lo largo de este camino que hoy en día son parte de mi vida Vero, Vivi, Maje, Vale, Diana, Andrés, Rodrigo, Clon, Ernesto y Vicky son algunos de ellos. A la Flia. Bartel-Gurruchaga a quienes les agradezco haberme brindado un hogar cuando lo necesite.

Agradezco especialmente a Seba y a Sandra Villagran por su apoyo y cariño incondicional.

A la gran familia de Agroveterinaria Lasplaces con quienes tuve mi primera experiencia laboral.

Quedan muchas personas a quienes nombrar pero no me olvido este solo es un resumen, infinitas gracias a todo el que de alguna u otra manera hicieron posible que hoy cumpla con mi objetivo.

## TABLA DE CONTENIDO

<b>PÁGINA DE APROBACIÓN</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>5</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>7</b>
<b>SUMMARY</b> .....	<b>7</b>
<b>OBJETIVO</b> .....	<b>7</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>8</b>
<b>2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS</b> .....	<b>8</b>
<b>2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor</b> .....	<b>8</b>
<b>2.2. Principios básicos de la ultrasonografía</b> .....	<b>14</b>
2.2.1. Parámetros de las ondas sonoras.....	14
2.2.2. El Efecto piezoeléctrico .....	15
2.2.3. Transductores .....	17
2.2.4. Modos.....	19
2.2.5. Elección del equipo .....	19
2.2.6. Aplicaciones en Veterinaria .....	20
<b>2.3. Examen Andrológico</b> .....	<b>21</b>
2.3.1. Examen Andrológico y la inclusión de la ultrasonografía .....	22
2.3.2. Técnicas de abordaje en macho y apariencia normal de las estructuras.....	22
2.3.3. Patologías diagnosticadas por ecografía.....	29
<b>2.4. Uso del análisis de intensidad de pixeles y ecografía</b> .....	<b>33</b>
<b>2.5. Nuevas tecnologías en la Medicina Veterinaria; ecodoppler</b> .....	<b>34</b>
<b>3. CONCLUSIONES</b> .....	<b>37</b>
<b>4. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>38</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Anatomía del aparato reproductor masculino de rumiantes (Fuente: Červený, 2005). Página 9.
- Figura 2.** Esquema del testículo, epidídimo y conducto deferente en toro (izquierda). Sección mediana de testículo en toro (derecha). (Fuente: Červený y col., 2005). Página 10.
- Figura 3.** Cuadro comparativo de glándulas sexuales accesorias en distintas especies. Página 11.
- Figura 4.** Esquema de glándulas sexuales accesorias en gato y perro. (Fuente: Červený y col., 2005). Página 11.
- Figura 5.** Esquema de glándulas sexuales accesorias en verraco y caballo. (Fuente: Červený y col., 2005). Página 12.
- Figura 6.** Regulación hormonal hipotalámica de la reproducción en machos. (Fuente: Cunningham y Bradley 2009). Página 13.
- Figura 7.** Onda sónica. (Fuente: Quíntelas y col., 2006). Página 15.
- Figura 8.** Efecto piezoeléctrico (Adaptado de Ginther 1995). Página 16.
- Figura 9.** Refuerzo posterior (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET). Página 17.
- Figura 10.** Reflejos especulares (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET). Página 17.
- Figura 11.** Sombra acústica (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET). Página 17.
- Figura 12.** Diferentes tipos de transductores. 1) Convexo 3.5 MHz. 2) Convexo 3.5 MHz. 3) Convexo 7.5 MHz. 4) Convexo 5 MHz. 5) Linear 5 MHz. 6) Linear 3.5 MHz. 7) Linear 7.5 MHz (Fuente: Rosés y col., 2003) Página 18.
- Figura 13.** Cortes en diferentes tipos de transductores (Fuente: Hofer, 2006). Página 18.
- Figura 14.** Ecógrafo utilizado hace 20 años. Página 20.
- Figura 15.** Ecógrafo utilizado en el presente. Página 20.
- Figura 16.** Ubicación de la sonda en la sección longitudinal. Página 24.
- Figura 17.** Ubicación de la sonda en la sección transversal. Página 24.
- Figura 18.** Aspecto normal del parénquima, mediastino y cápsula testicular en carnero. Página 25.
- Figura 19.** Plexo pampiniforme en carnero. Página 25.
- Figura 20.** Cola del epidídimo en carnero. Página 26.
- Figura 21.** A) Proyección ultrasonográfica transversal de la ampulla del conducto deferente izquierda en padrillo. B) Esquematización de la proyección ultrasonográfica del ampulla izquierda en padrillo (Fuente: Little, 1998). Página 27.
- Figura 22.** Glándula vesicular en toro. Página 28.
- Figura 23.** Próstata en carnero. Página 28.
- Figura 24.** Imagen de un corte longitudinal de próstata en perro. Ecografía vía transrectal. V, Vejiga; P, Próstata. (Fuente: Thibaut y col., 2009). Página 29.
- Figura 25.** Imagen de un corte longitudinal de próstata en perro. Ecografía vía transabdominal. P, Próstata; V, vejiga; CV, cuello vesical. (Fuente: Thibaut y col., 2009). Página 29.
- Figura 26.** Glándula bulbouretral en carnero. Página 30.
- Figura 27.** Áreas hiperecogénicas al lado de áreas ecógenas y anecógenas en toro. (Fuente: Gnemmi, 2007). Página 31.
- Figura 28.** Abscesos en el interior del testículo, que ecográficamente se ven como tumefacciones caracterizadas por una ecogenicidad muy heterogénea en toro. (Fuente: Gnemmi, 2007). Página 31.
- Figura 29.** Hidrocele testicular en toro. (Fuente: Gnemmi, 2007). Página 32.

**Figura 30.** Varicocele intratesticular en humanos. (Fuente: Rodríguez y col., 2006).  
Página: 32.

**Figura 31.** Varicocele intratesticular en humanos. Flujo en doppler color. (Fuente: Rodríguez y col., 2006). Página 33.

**Figura 32.** Inflamación de las glándulas vesiculares. Ecográficamente se puede ver la hipertrofia de las mismas y/o zonas con abscesos en toro. (Fuente: Gnemmi, 2007).  
Página 33.

**Figura 33.** Imagen ecográfica de hiperplasia benigna prostática en perro. (Fuente: Moreno y col., 2011). Página 34.

**Figura 34.** Imágenes del testículo obtenidas mediante ultrasonografía doppler color en verraco. Vasos del cordón espermático (izquierda). Arteria testicular (derecha). (Fuente: Kauffold, 2017). Página 36.

## **RESUMEN**

Desde los años 80 la ultrasonografía es utilizada en la medicina veterinaria como una herramienta de suma importancia. Su uso se ha ido incrementando con el advenimiento de nuevos equipos y la necesidad de brindar servicios más completos y confiables. La ecografía tiene diversas aplicaciones, en este trabajo nos referimos a su uso en el aparato reproductor de macho porque creemos que puede ser muy beneficioso la inclusión de esta tecnología en un área la que aún no es tan común su uso. Se describen algunas formas de abordaje ultrasonográfico en machos de distintas especies así como también imágenes ecográficas de estructuras normales y patológicas. Sobre la inclusión de la ecografía en el examen andrológico se evalúan las ventajas que nos puede ofrecer el uso de esta herramienta además de la importancia de la realización de del examen para la selección de reproductores. El uso cada vez más amplio de la ultrasonografía en veterinaria ha sido consecuencia de la evolución de la tecnología a la cual hoy en día podemos tener acceso más fácilmente, por lo que con el fin de seguir avanzando se hace alusión a lo que sería un siguiente paso en lo que concierne a la ecografía; el ecodoppler el cual hace tiempo se utiliza en el campo de la investigación dando buenos resultados.

## **SUMMARY**

Ultrasound has been used since the 80s in veterinary medicine as a tool of utmost importance. Its use has increased with the advent of new equipment and the need to provide more comprehensive and reliable services. Ultrasound has several uses. In this work we refer to its use in the male reproductive system because we believe it can be very beneficial to include this technology in an area which is not so common. Some forms of ultrasonographic approach in males in different species are described as well as ultrasound images and pathological of normal structures. The benefits that the inclusion of ultrasound in the andrological examination can offer are evaluated, as well as the I mportance of conducting the examination in order to select of breeding males. The ever expanding ultrasonography in veterinary use has been following the evolution of technology which access is easier nowadays, so in order to move forward, reference is made to what would be a next step with respect to ultrasound; Echo Doppler, which has long been used in the field of research, has good results.

## **OBJETIVO**

El objetivo principal de este trabajo fue unificar información sobre el uso de la ecografía en machos, en sus órganos reproductores tanto externos como internos y proporcionar nociones básicas sobre cómo se utiliza y qué importancia tiene su uso en el aparato reproductor de macho en distintas especies.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La ecografía es utilizada desde hace ya varios años como una herramienta complementaria para el diagnóstico de gestación así como también de patologías, tratamiento y manejo de distintos procesos reproductivos en los animales domésticos. En nuestro país cada vez son más los profesionales veterinarios de campo que apuestan al uso de la ultrasonografía.

La realización de esta monografía se basa en la búsqueda de otras utilidades que se le puede dar a esta tecnología como es el caso de su aplicación en el examen andrológico. Creemos que tenemos al alcance de nuestras manos una herramienta en la cual podemos confiar y apoyarnos como profesionales para brindar un servicio más completo e innovador.

En relación a la ultrasonografía, su uso como herramienta auxiliar durante el examen de la salud reproductiva de los animales domésticos ha sido limitado casi exclusivamente a la hembra, específicamente durante la evaluación de los órganos reproductivos internos mediante la ecografía transrectal tanto para el reconocimiento de estructuras ováricas durante el ciclo estral como para el diagnóstico de preñez, determinación del sexo y edad fetal y salud uterina.

Por el contrario, la utilización de la ultrasonografía durante la evaluación del potencial reproductivo del macho ha sido limitada y esporádica. Algunos de los factores que explican esta realidad son el costo del equipo y la ausencia instalaciones con facilidades a nivel de campo para poder llevar a cabo un examen ecográfico cuidadoso y que garantice la seguridad del operador y el equipo (Evans y col., 1996).

## **2. ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS**

### **2.1. Anatomía y fisiología del aparato reproductor**

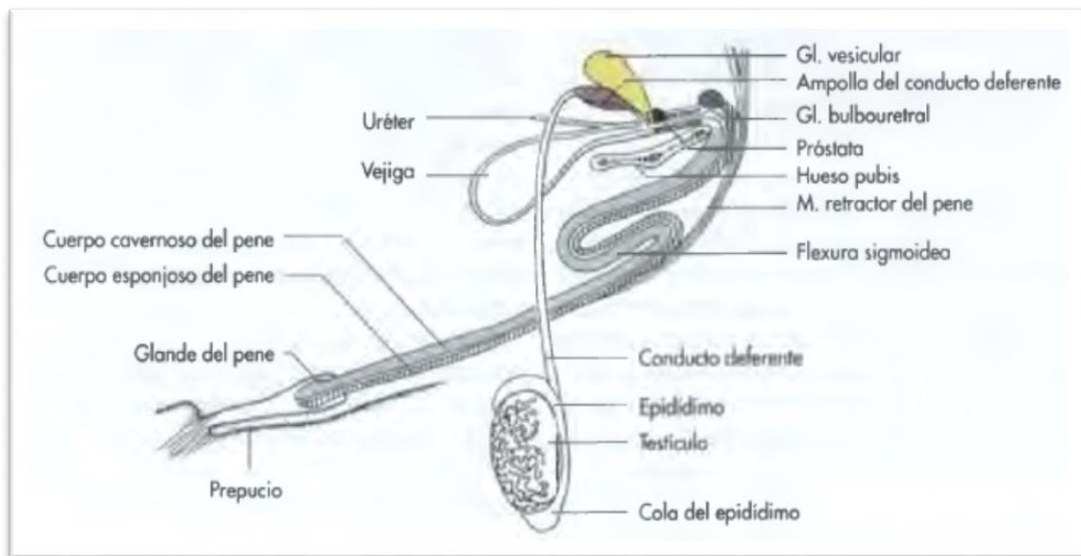
Para la realización de este trabajo, es imprescindible identificar y conocer los órganos sexuales del aparato reproductor y su funcionalidad.

La producción de gametos requiere una temperatura menor a la del interior del cuerpo por lo cual después de su desarrollo en abdomen los testículos migran descendiendo a través de los canales inguinales hasta situarse en el escroto (Dyce y col., 1999).

El aparato reproductor masculino, consta de las siguientes órganos: un par de gónadas, los testículos donde se produce la formación de espermatozoides y la testosterona; epidídimos y conductos deferentes (acumulación y transporte de espermatozoides); glándulas sexuales accesorias que contribuyen en la composición del semen; uretra (transporta orina y esperma) y pene (órgano copulador) (Sisson y Grossman, 1982).

En los testículos es donde se producen los espermatozoides y las hormonas. En el conducto del epidídimo los espermatozoides son almacenados hasta su maduración definitiva y luego transportados. Luego de recorrer el conducto deferente estas células alcanzan la parte pélvica de la uretra donde se mezclan con las secreciones de glándulas genitales accesorias formando de esta manera el semen (Červený y col., 2005).



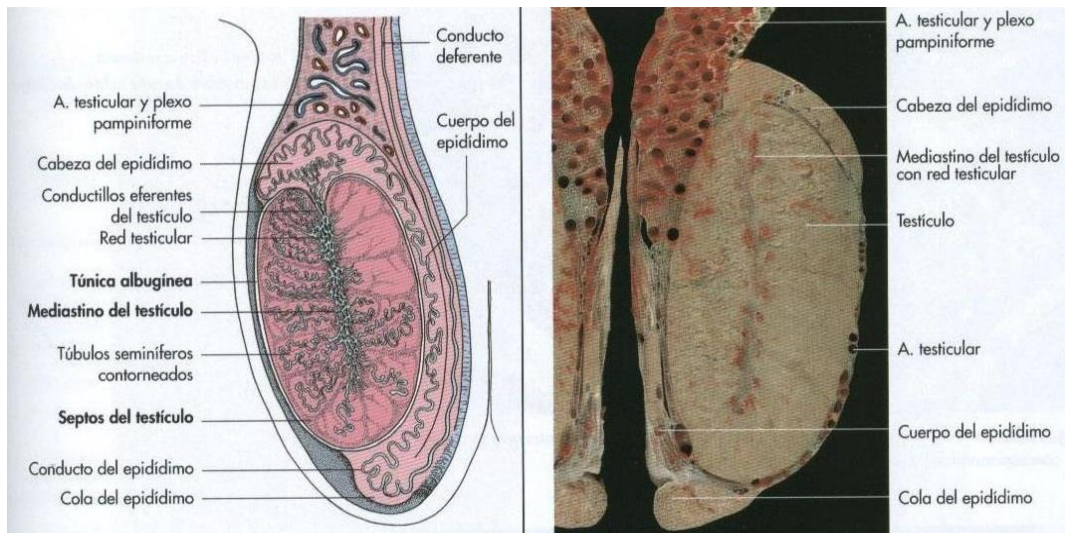


**Figura 1.** Anatomía del aparato reproductor masculino de rumiantes (Fuente: Červený y col., 2005).

El escroto es un saco de piel fina provista de glándulas sudoríparas y sebáceas, esta piel se une a una capa fibroelástica (túnica dartos) y a sus fascias subyacentes (fascia espermática externa). Los testículos son pequeños en gatos y muy grandes en carneros, machos cabríos y cerdo en relación al tamaño corporal. Su orientación también varía, sus ejes mayores son verticales en los rumiantes (necesitando un escroto profundo y penduloso), horizontales en caballo y perro e inclinados hacia el ano en cerdos y gatos (Dyce y col., 1999).

La presencia de un escroto penduloso favorece la exposición de los testículos a la temperatura ambiental, a su vez este presenta una irrigación sanguínea y linfática superficial que permite la pérdida de calor (Dáhl y Herrick, 1959).

La superficie del testículo es lisa por el revestimiento peritoneal directo (túnica albugínea), compuesta principalmente por tejido conectivo. El parénquima testicular es blando y de apariencia amarillenta o parduzca formado por túbulos seminíferos y tejido intersticial. Las células de Leydig están sostenidas por tejido conectivo, son células productoras de hormonas esteroideas androgénicas (Dyce y col. 1999)



**Figura 2.** Esquema del testículo, epidídimo y conducto deferente del toro (izquierda). Sección mediana de testículo de toro (derecha). (Fuente: Červený y col., 2005).

Los túbulos seminíferos están muy contorneados y desembocan en la *rete testis*. Las células de las paredes de los túbulos son las células de Sertoli (producción hormonal) y las células del epitelio germinativo. La *rete testis* se continua por los conductos eferentes que se unen en la cabeza del epidídimo (Dyce y col. 1999).

El epidídimo es un órgano firme, formado por circunvoluciones de un único conducto epididimario dentro de una matriz de tejido conectivo. Unido al testículo a lo largo por uno de sus bordes mayores, consta de tres partes; cabeza, cuerpo y cola. La cabeza está firmemente unida a la cápsula testicular, recibe a los conductos eferentes que se unen formando el conducto epididimario que es más ancho. El cuerpo puede estar menos adosado a la superficie del testículo. La cola se une al testículo por un ligamento y también a la capa parietal de la envoltura parietal por el ligamento de la cola del epidídimo, la cola se adelgaza y se continua con el conducto deferente el cual es ondulado en su origen y se va alargando de manera gradual, su luz es bastante estrecha terminando en la parte pélvica de la uretra la cual es capaz de conducir orina y semen (Dyce y col., 1999).

La mayor parte de las especies en la parte subterminal del conducto deferente sobre la vejiga presentan un agrandamiento llamado ampolla del deferente que se debe a la proliferación glandular mucosa constituyendo una de las glándulas sexuales accesorias (Dyce y col. 1999).

Los espermatozoides adquieren la capacidad fecundante completa en su pasaje a través del conducto epididimario y son almacenados en la cola del epidídimo hasta que se produce la eyaculación (Dellman y Carithers, 1999).

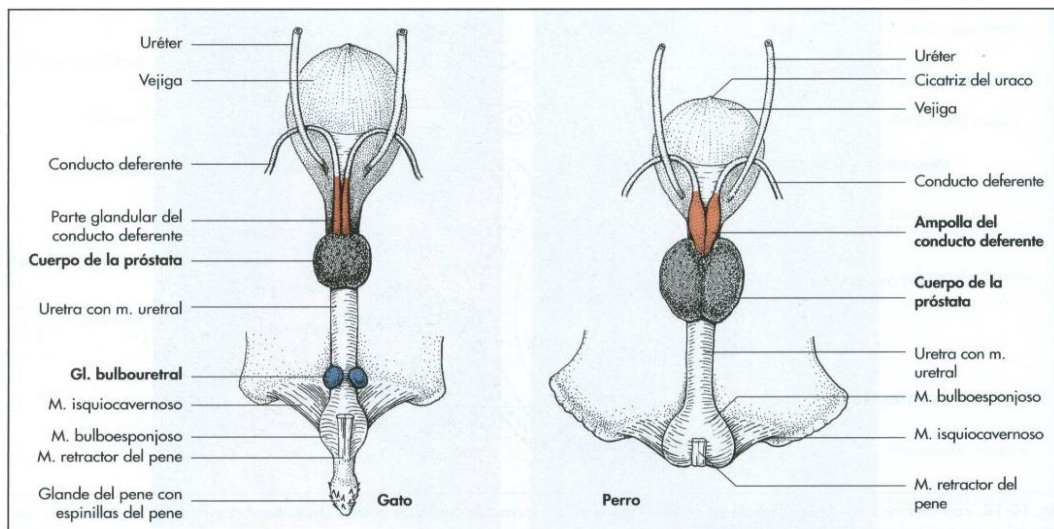
Cada testículo está suspendido en el escroto por el cordón espermático que surge en el anillo inguinal profundo y se extiende oblicua y ventralmente a través del canal inguinal, pasa por los lados del pene y termina en el borde de unión del testículo. El cordón espermático está formado por las siguientes estructuras: arteria testicular, venas testiculares que forman el plexo pampiniforme que rodea la arteria, vasos linfáticos, plexo testicular de nervios autónomos que acompañan la arteria; conducto deferente, haces

musculares lisos alrededor de los vasos y capa visceral de túnica visceral (Sisson y Grossman, 1982).

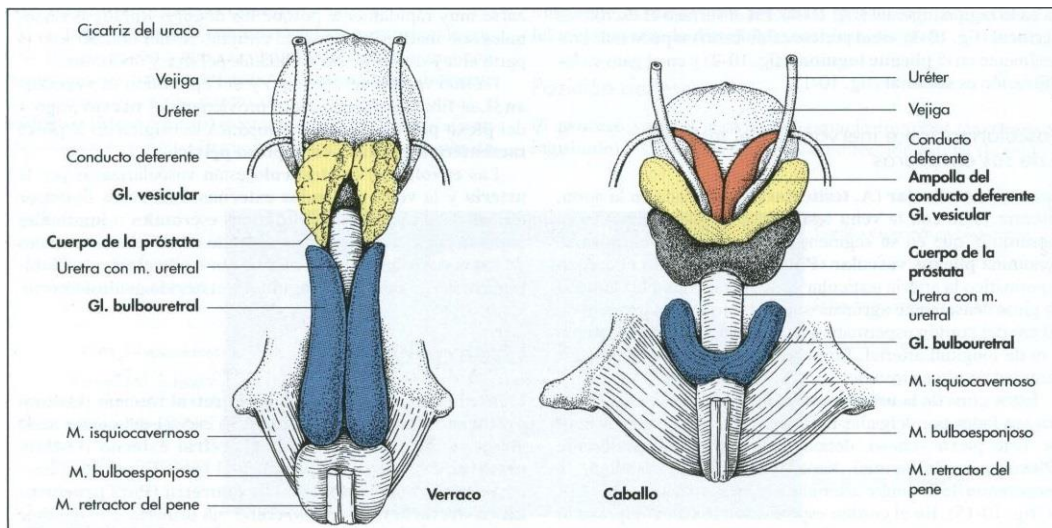
Las glándulas vesiculares o vesículas seminales en caballo son órganos glandulares pares que no están presentes en los carnívoros y producen la mayor parte del eyaculado. La glándula prostática existe en casi todos los mamíferos y existen dos tipos: diseminada y lobulada. La diseminada está presente en carnero y macho cabrío, se ubica rodeando la parte pélvica de la uretra y funciona durante la excitación y eyaculación. En caballo y perro existe la próstata de tipo lobulada y en toro y verraco existen los dos tipos. La glándula bulbouretral no está presente en perro y es muy pequeña en gato. Las glándulas sexuales accesorias pueden palparse por vía rectal en especies como rumiantes y equinos (Sisson y Grossman, 1982).

	<b>VESÍCULA SEMINAL</b>	<b>PRÓSTATA</b>	<b>GLÁNDULA DE COWPER</b>
<b>TORO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>CARNERO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>PADRILLO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>PERRO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
<b>GATO</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>CERDO</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>

**Figura 3.** Cuadro comparativo de glándulas sexuales accesorias entre especies.



**Figura 4.** Esquema de glándulas sexuales accesorias en gato y perro. (Fuente: Červený y col., 2005).

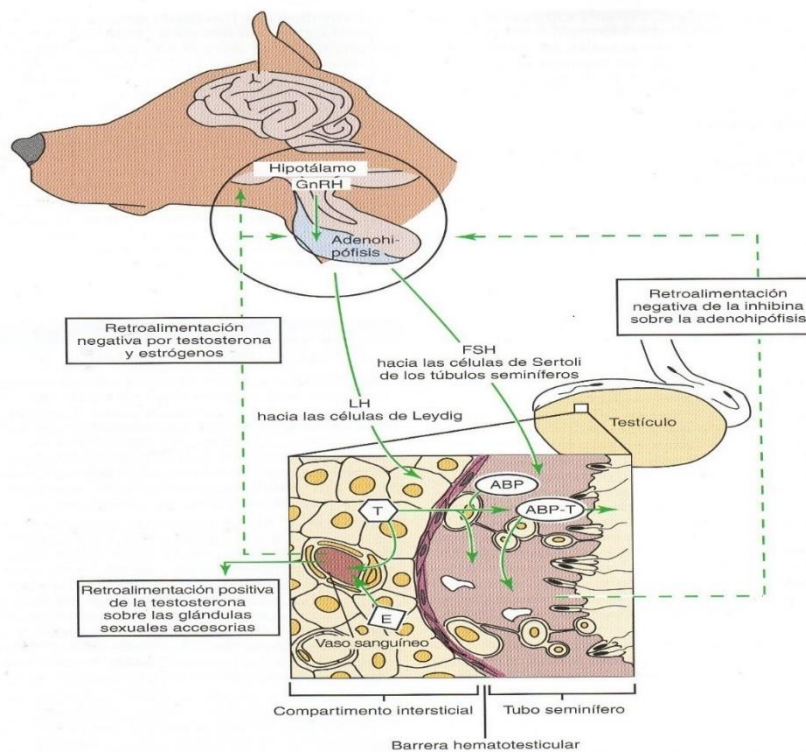


**Figura 5.** Esquema de glándulas sexuales accesorias en verraco y caballo. (Fuente: Červený y col., 2005).

El pene está suspendido debajo del tronco y parcialmente contenido entre los muslos, se ancla al techo de la pelvis por un ligamento suspensorio. El extremo libre está oculto en una invaginación de piel, el prepucio. El órgano está constituido por tres columnas de tejido eréctil; las columnas dorsales con núcleo de tejido cavernoso rodeado de tejido conectivo (cuerpo cavernoso) y en la parte ventral el cuerpo esponjoso con su expansión hacia craneal forma el glande. En perro y gato la parte distal del cuerpo cavernoso es un hueso (*os penis*). El toro, carnero y verraco presentan en reposo la flexura sigmoidea. El pene puede ser fibroelástico como en rumiantes y cerdo o músculo-cavernoso en el caso de caballo y perro (Sisson y Grossman, 1982).

El sistema reproductor de los machos está regulado por mecanismos de retroalimentación hormonal en los que participan el hipotálamo, la hipófisis anterior y los testículos. El hipotálamo sintetiza y segrega de manera pulsátil la hormona liberadora de gonadotropinas (GnRH). La GnRH estimula las células gonadotróficas de la hipófisis anterior y estas sintetizan y secretan la hormona folículo estimulante (FSH) y la hormona luteinizante (LH). La liberación de FSH y LH va a depender de la amplitud del pulso de la secreción de GnRH correspondiéndose pulsos de baja amplitud de GnRH con la liberación de FSH y los pulsos de GnRH de alta amplitud con la liberación de LH (Davidson y Stabenfeldt, 2013).

En los testículos, la LH se une a los receptores de membrana de las células de Leydig y las estimulan para convertir el colesterol a testosterona. Los andrógenos sintetizados se unen a proteínas de unión de andrógenos producidas por las células de Sertoli y son difundidos en la sangre y linfa. Para que ocurra una espermatogénesis normal debe existir una alta concentración de andrógenos en los testículos. La inhibina y la testosterona son hormonas que regulan la retroalimentación de la hipófisis (Ruckebusch y col., 1994; Davidson y Stabenfeldt, 2013).



**Figura 6.** Regulación hormonal hipotalámica de la reproducción en machos. El aparato reproductor de los mamíferos machos está regulado por mecanismos de retroalimentación que comprenden el hipotálamo, la adenohipofisis y los testículos. Hormona liberadora de gonadotropina, FSH Hormona estimuladora de folículos, LH Hormona luteinizante, ABP Proteína fijadora de andrógeno, ABP-T Proteína de testosterona fijadora de andrógeno, E estrógeno, T Testosterona (Fuente: Cunningham y Bradley 2009).

La testosterona tiene funciones específicas tales como promover el comportamiento sexual normal, estímulo del crecimiento y función de las glándulas sexuales accesorias masculinas y de los caracteres sexuales secundarios, control de la espermatogénesis (junto a la FSH), regular la retroalimentación negativa sobre la hipófisis y el hipotálamo, efectos anabólicos generales y mantenimiento prenatal de los conductos de Wolff y su diferenciación en conducto deferente y epidídimo (Dellman y Wrobel, 1993).

Algunas especies son denominadas reproductoras estacionales tienen estacionalidad reproductiva ya que su periodo de reproducción ocurre en determinada época del año (Lincoln y Short, 1980).

En estas especies ocurren cambios fisiológicos, comportamentales y morfológicos tanto en machos como en hembras, no solo en la estación reproductiva sino también antes de esta, los cuales son fundamentales para que ocurra la reproducción (Bronson, 1989; Neill, 2006).

La principal señal que determina el comienzo de la estación reproductiva es el fotoperiodo. Es así que existen especies reproductoras estacionales de día corto (otoño), por ejemplo los ovinos, o de día largo (primavera) como los equinos (Neill, 2006).

La estación reproductiva se manifiesta cuando los animales perciben el pasaje del fotoperiodo creciente a decreciente o viceversa (Malpoux y col., 1988).

La melatonina es una hormona que tiene como función principal brindar información al sistema nervioso central sobre el ritmo diario luz/oscuridad. Dicha información es importante para todas las funciones biológicas circadianas o circanuales (Malpaux y col., 2001).

Según Neill, 2006 el principal sitio de acción de la melatonina en mamíferos es la *Pars Tuberalis* de la hipófisis.

La función de la melatonina en la *Pars Tuberalis* en ovinos se encuentra mayormente vinculada a la secreción estacional de prolactina que a la regulación directa de la reproducción (Lincoln y Clarke, 1994; Malpaux y col., 1995).

Lincoln (2002) sugirió que la melatonina actúa controlando la estacionalidad reproductiva a nivel cerebral, no en la hipófisis.

Ciertos factores como las dietas altamente energéticas con adecuada proteína, vitaminas y minerales pueden llevar a una mayor circunferencia escrotal, existiendo una relación entre nutrición, edad a la pubertad y tamaño testicular (Barth, 1999).

## **2.2. Principios básicos de la ultrasonografía**

La ecografía es una técnica de diagnóstico por imagen que se caracteriza por ser un método seguro, no invasivo, no cruento y por no requerir una preparación excesiva del animal. Es utilizada para observar tejidos y órganos, permitiendo obtener información sobre el tamaño, ubicación, forma, y estructura de los mismos. La base de la ultrasonografía son los ultrasonidos generados por los transductores que están compuestos por cristales piezoeléctricos, las ondas viajan a través los tejidos y son devueltos en forma de ecos los que se reflejan en una pantalla en forma de puntos de luz de intensidades variables (Moreno y col., 2011).

Las ondas de sonido son de alta frecuencia, en veterinaria suelen utilizarse transductores que pueden emitir ondas de entre 3,5 a 10 MHz. De la frecuencia va a depender la profundidad de penetración y la resolución de la imagen, cumpliéndose que a mayor frecuencia se obtiene menor profundidad pero mayor resolución.

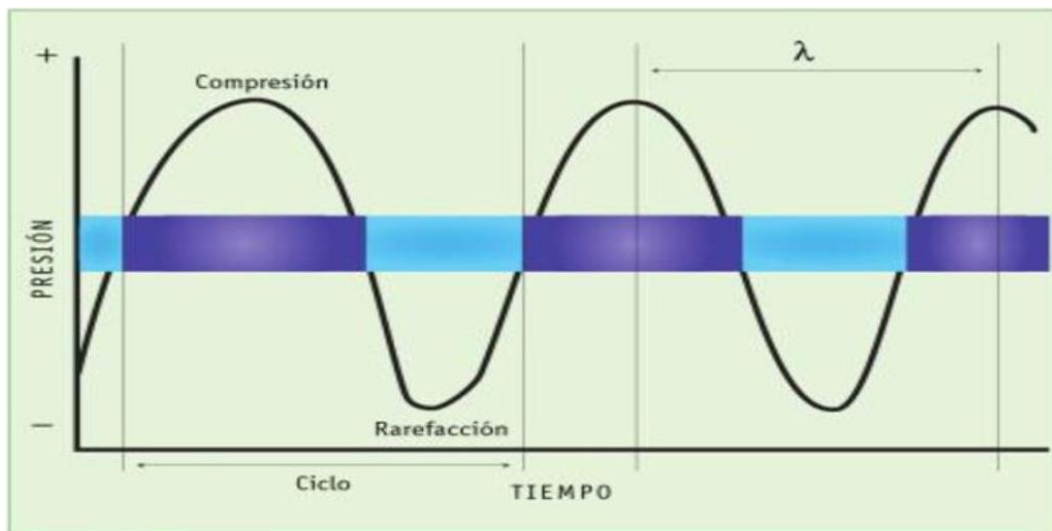
La corriente eléctrica que llega al transductor produce una vibración en sus cristales piezoeléctricos los cuales emiten las ondas sonoras. Los tejidos reflejan las ondas de sonido, el eco resultante es recibido por el transductor y se convierte nuevamente en corriente eléctrica. Dentro del equipo esta corriente es decodificada y se forman imágenes en tonos de grises, del blanco al negro (Rosell y col., 2008).

### **2.2.1. Parámetros de las ondas sonoras**

El sonido se produce por la propagación de ondas, las cuales son una forma de transmitir energía sin desplazamiento de materia. Las ondas son representadas gráficamente por una curva sinusoidal (Hewitt, 2007).

Los puntos más altos de la curva son llamados crestas y los puntos bajos valles. El término amplitud se refiere a la distancia entre el punto de equilibrio a la cresta, la longitud está

determinada por la distancia existente entre la cima de una cresta y la cima de la siguiente cresta. (Hewitt, 2007).



**Figura 7.** Onda sónica. (Fuente: Quíntelas y col., 2006)

La frecuencia indica que tan a menudo se produce una vibración al cabo de un tiempo determinado. Un viaje completo de una onda es un ciclo. La unidad utilizada para la frecuencia es el hertz (Hz), en honor a Heinrich Hertz, quien en 1886 demostró la existencia de ondas de radio. Las frecuencias altas se miden en megahertz (MHz) o gigahertz (GHz) (Hewitt, 2007). La velocidad de una onda depende del medio en el cual se propaga. Si el medio es homogéneo la velocidad será constante. Las ondas pueden propagarse en medios líquidos, sólidos. La velocidad es la distancia que recorre la onda sonora en la unidad de tiempo (Hewitt, 2007).

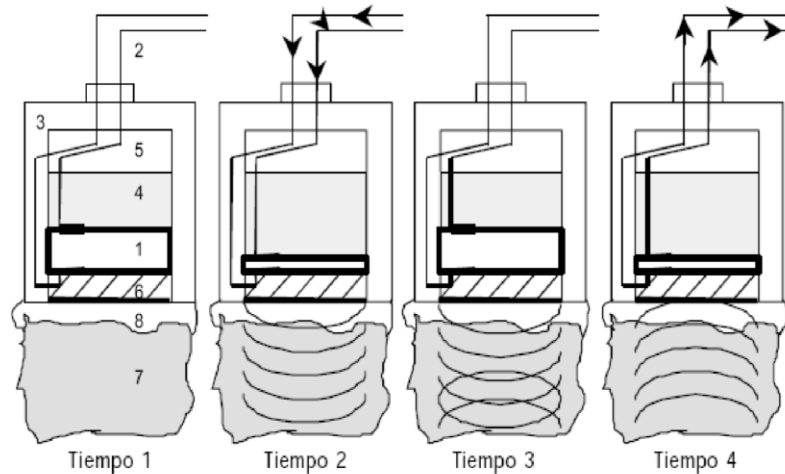
La fuente de toda onda es un objeto que vibra, la frecuencia de la fuente vibratoria y la frecuencia de la onda que esta emite son iguales. Cuando una onda transfiere energía a un receptor distante no existe transferencia de materia entre los dos puntos, la energía es transportada por una perturbación en un medio no por materia en movimiento dentro del medio (Hewitt, 2007).

El ultrasonido emplea ondas de alta frecuencia, obteniendo imágenes de órganos y estructuras internas. Las ondas de ultrasonido que inciden sobre un objeto en movimiento son reflejados con una frecuencia diferente, fenómeno conocido como efecto doppler. (Hewitt, 2007).

### 2.2.2. El Efecto piezoeléctrico

Los cristales piezoeléctricos pueden ser artificiales o naturales, cuando se les aplica en su cara posterior una corriente eléctrica estos se deforman produciendo una vibración. La frecuencia de esta vibración es directamente proporcional al voltaje utilizado, lo que se denomina fuerza de la onda ultrasónica. Los cristales no reciben el voltaje al mismo tiempo sino que lo hacen por segmentos lineales. Cuando la onda es reflejada choca con la cara anterior de los cristales deformándolos de nuevo generando una señal eléctrica que es proporcional a la fuerza de la onda reflejada (eco). La capacidad de los cristales de

transformar la energía eléctrica en mecánica y viceversa es a lo que se denomina efecto piezoeléctrico (Goddard, 2000).



**Figura 8.** Efecto piezoeléctrico. 1) Cristal, 2) Conexión eléctrica, 3) Carcasa, 4) Material para amortiguar, 5) Material trasero, 6) Material conductor, 7) Tejido, 8) Gel conductor. Tiempo 1: Estado de reposo, Tiempo 2: Voltaje eléctrico que comprime el cristal logrando el envío de ondas, Tiempo 3: Ondas viajando a través del tejido y produciendo ecos, Tiempo 4: Retorno de los ecos comprimen el cristal y se convierten en voltaje (Fuente: Adaptado de Ginther, 1995).

La imagen es representada en una pantalla por una matriz de píxeles, cada píxel representa una pequeña porción de tejido que manifiesta la reflexión de las ondas de ultrasonido. Las imágenes tienen distintos tonos de grises (256) que van del negro al blanco (Pierson y Adams, 1995). La tonalidad de gris depende de la capacidad del tejido para reflejar las ondas de altas frecuencias; los tejidos que se observan en la pantalla de color negro se denominan anecogénicos, debido que no reflejan ondas (gas, líquido) mientras que los tejidos densos (huesos, órganos) son capaces de reflejar gran cantidad de ondas de alta frecuencia, pueden ir desde diferentes grados de grises (ecogénicos) hasta blancos (hiperecogénicos) así, los tejidos tendrán una ecotextura dependiendo de su densidad o ecogenicidad (Fricke, 2002).

Las imágenes obtenidas por ultrasonido pueden generar información equívoca que puede conducir a falsas interpretaciones. Los artefactos son errores en las imágenes que aparecen en ciertas circunstancias en la ecografía pero no corresponden a la realidad. Los principales artefactos son: refuerzo posterior, sombra acústica, imagen de rebotes y reverberación.

**Refuerzo posterior:** cuando el sonido no disminuye su intensidad con normalidad, fenómeno que ocurre con la distancia conocido como atenuación, se detecta una zona más brillante (Figura 9). Puede ocurrir por ejemplo en presencia de un folículo grande. Esta imagen podría ser interpretada como una zona de mayor densidad generando una información equivocada (Rosés y col., 2003).

**Reverberación:** se manifiesta cuando los ecos de mayor amplitud se reflejan de nuevo a nivel del transductor y entran nuevamente en el paciente, se produce un segundo eco a



doble distancia del primero (Moreno y col., 2011). Se visualiza una imagen de líneas paralelas blancas horizontales por ejemplo si hace eco en la pelvis (Rosés y col., 2003).

Reflejos especulares: En el estudio de estructuras esféricas se puede ver una esfera negra que en su parte superior e inferior presenta una línea brillante (Figura 10). Estas líneas son producto del rebote continuo de la onda de sonido, por ejemplo puede verse este artefacto en una gestación temprana en yegua (Rosés y col., 2003).

Sombra acústica: se produce cuando una estructura pequeña hace rebotar todo el sonido (Figura 11). Un ejemplo de este fenómeno son los huesos fetales en formación que producen una sombra negra por debajo (Rosés y col., 2003).



**Figura 9.** Refuerzo posterior (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET).



**Figura 10.** Reflejos especulares (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET).



**Figura 11.** Sombra acústica (Fuente: Gentileza Dpto. Reproducción FVET).

### 2.2.3. Transductores

Los transductores, o también llamados sondas, son parte fundamental del ecógrafo. En ellos se encuentran cristales piezoeléctricos, en los cuales se transforma la energía eléctrica en energía mecánica. Los transductores reciben los haces de ultrasonido transformándolos en energía eléctrica para formar la imagen (Moreno y col., 2011).

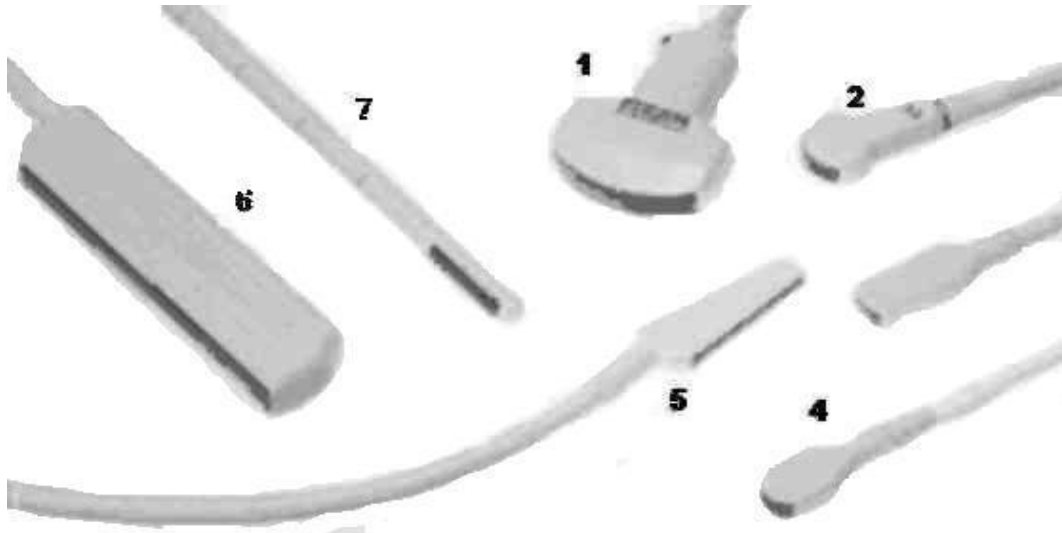
Existen varios tipos de sondas con distintas formas, tamaños y frecuencias.

Las sondas más utilizadas son:

Sonda lineal; de alta frecuencia (5-10 MHz). Se utiliza para visualizar y localizar estructuras superficiales.

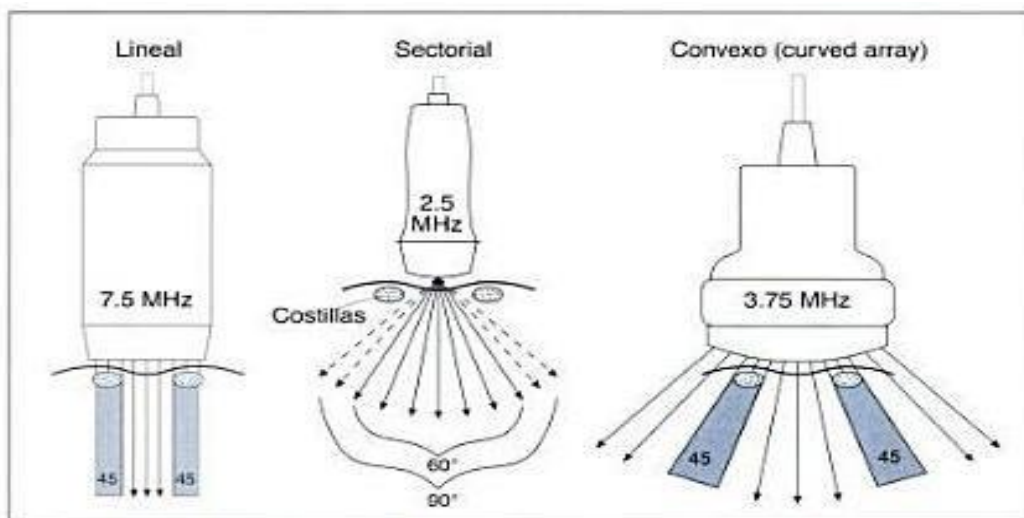
Sonda convexa; de baja frecuencia (2-5 MHz).

Sonda sectorial; también de baja frecuencia (2-5 MHz).



**Figura 12.** Diferentes tipos de transductores. 1) Convexo 3.5 MHz. 2) Convexo 3.5 MHz. 3) Convexo 7.5 MHz. 4) Convexo 5 MHz. 5) Linear 5 MHz. 6) Linear 3.5 MHz. 7) Linear 7.5 MHz. (Fuente: Rosés y col., 2003).

En las sondas lineales los cristales piezoeléctricos se encuentran alineados en su superficie, lo que permite que las ondas que emiten lo hagan en forma paralela y en línea recta. El resultado es una imagen rectangular correspondiente a la superficie que es cubierta por el transductor y a las más próximas a el que aparecen en la parte superior del monitor. Este tipo de transductor permite el uso vía rectal. Por lo general la sección observada es un plano sagital con respecto al cuerpo del paciente. Para una mejor orientación al mostrar la imagen se utiliza la dirección izquierda por la posición de los órganos con respecto a la parte craneal del animal. En las sondas convexas los cristales están dispuestos sobre la superficie del mismo, la imagen obtenida tiene forma de abanico semiabierto. Los transductores sectoriales tienen los cristales organizados sobre una superficie semicircular y no necesitan de grandes superficies de contacto para realizar un diagnóstico (Rosell y col., 2008).



**Figura 13.** Cortes en diferentes tipos de transductores (Fuente: Hofer, 2006).

La resolución de la imagen obtenida y la profundidad de penetración del ultrasonido van a depender de la frecuencia del transductor. Con una sonda de mayor frecuencia se obtienen imágenes de mayor resolución pero menor penetración; por ejemplo, los transductores de 5 MHz tienen una penetración de 8-10 cm, mientras que la penetración de un transductor de 7,5 MHz es de solo 4 o 5 cm, permite examinar estructuras más pequeñas pero cercanas con buena resolución de imagen (Griffin y Ginther, 1992).

Es necesario utilizar un agente que actúe como puente entre el transductor y la zona a ecografiar, generalmente se emplea gel ecográfico el cual debe ser capaz de reducir los artefactos de contacto y estar libre de materiales que dañen o irriten al paciente durante la exposición, incluso, pueden contener agentes antimicrobianos (Kahn y Leidl, 1989).

#### 2.2.4. Modos

Los ecos reflejados se expresan en el monitor de distintas formas o modos; modo A, modo M o modo B (García de Casasola y Torres, 2012).

El primer formato utilizado fue el modo A es el más sencillo y se visualiza como una serie de picos en un gráfico. Si la intensidad del sonido de retorno es mayor, más alto es el pico a esa profundidad de tejido (Quíntelas y col., 2006). Solo muestra datos de una línea de haz, por lo que es limitado (Cura, 2009).

Con el modo M se observa un corte fino de un órgano a lo largo del tiempo. Se utiliza principalmente en ecocardiografía (Quíntelas y col., 2006).

Las imágenes obtenidas con el modo B son bidimensionales en tiempo real, se convierten las distintas amplitudes de ondas en pixeles de hasta 256 tonos o escalas de grises (García de Casasola y Torres, 2012). La imagen que se genera se va actualizando constantemente, es el modo que se emplea actualmente; ecografía en tiempo real (Quíntelas y col., 2006). En veterinaria son utilizados comúnmente ecógrafos de modo B (Griffin y Ginther, 1992).

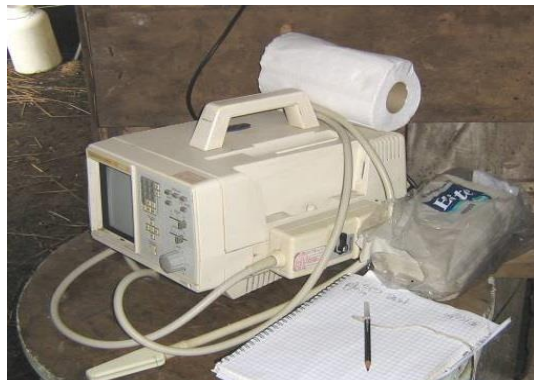
Existe otro tipo de modo denominado modo D (ecodoppler) el que permite observar estructuras vasculares. Cuando una onda de sonido choca con una interfase en movimiento, cambia la frecuencia, lo que permite determinar la velocidad de esa interfase. Con este formato se puede captar el movimiento del haz de ultrasonidos reflejados cuando se acercan o alejan del transductor. Con este modo podemos diferenciar las estructuras vasculares de las que no lo son (García de Casasola y Torres, 2012).

#### 2.2.5. Elección del equipo

Para una correcta elección de nuestro equipo debemos tener en cuenta en que disciplina lo utilizaremos, así como también comprobar que este tenga buena resolución de imagen, además el equipo debe ser fácil de manipular lo que dependerá del lugar de trabajo. En cuanto a las frecuencias con las cuales se pueda trabajar es importante que tenga una buena relación de profundidad y calidad de imagen, recordar que a mayor frecuencia obtendremos mayor resolución pero menor penetración (Bellenda, 2003).

La variedad de equipos en la actualidad es muy amplia. Hay una mayor disponibilidad de equipos en medicina humana así como también en pequeños animales dependiendo de la

disciplina. Para los profesionales que trabajan en actividades relacionadas con buiatría o clínica equina puede hacerse más limitada la adquisición de un equipo que cumpla con ciertos requisitos por ejemplo el ser práctico y cómodo así como sofisticados y con buena resolución (Gnemmi, 2006).



**Figura 14.** Ecógrafo utilizado hace 20 años.



**Figura 15.** Ecógrafo utilizado en el presente.

Para obtener un diagnóstico correcto y seguro es fundamental contar con un equipo que cuente con una buena definición de imagen y con una sonda de alta calidad ya que son factores que garantizan un buen resultado de nuestro trabajo. En el examen ecográfico del aparato reproductor del macho puede utilizarse el mismo aparato que en la hembra bovina lo que permite reducir los costos de amortización del mismo. El equipo ideal con el cual se realice el examen debería cumplir los siguientes requisitos: que sea portátil y autoalimentado, liviano, de volumen reducido y que pueda utilizarse en distintas situaciones ambientales. El transductor más utilizado para este tipo de examen es del tipo lineal de 7,5 MHz. (Gnemmi, 2007).

En la actualidad y hace relativamente poco tiempo existen en el mercado veterinario equipos de tamaño pequeño lo que nos facilita el traslado del mismo y agiliza el trabajo. Este tipo de equipos son prácticos y livianos, se alimentan por baterías pequeñas con una durabilidad de 3 o 4 horas y con ellos se puede trabajar con distintos transductores (lineal y sectorial) y en diferentes frecuencias. Los equipos cuentan con un software veterinario lo cual es un beneficio para el profesional ya que la información es obtenida en el momento sin tener que acudir a otros cálculos. (Bellenda, 2003).

Es fundamental que el equipo al adquirirlo quede dentro de un periodo de garantía y que el proveedor cuente con un servicio técnico en caso de algún accidente o desperfecto. Es importante también el costo del equipo, que sea accesible y cumpla con los requisitos antes mencionados. (Bellenda, 2003).

#### 2.2.6. Aplicaciones en Veterinaria

Los usos de la ecografía en veterinaria son muy variados dependiendo del área en el que se trabaje, en el caso del manejo reproductivo sus usos más frecuentes son el diagnóstico temprano de gestación, determinación del sexo fetal, diagnóstico de patologías reproductivas.

Algunas aplicaciones descritas por Bellenda (2003) son: el estudio de la viabilidad embrionaria, determinación de la edad de gestación, evaluación ginecológica de donantes y receptoras de embriones, determinación del momento de inicio de superovulación de donantes, estimación de la respuesta superovulatoria, determinación del momento de aplicación de agentes luteolíticos para sincronizar celos (medición de cuerpo lúteo), evaluación de la respuesta del ovario a otros sistemas de sincronización de celo, determinación del momento y/o tasa de ovulación para servicio (aplicado especialmente en yeguas y cerdas), determinación de gestaciones múltiples (aplicado especialmente a ovejas, cabras, cerdas, perras), determinación precoz de mellizos para dejar uno (aplicado especialmente en yeguas), aplicación en los machos para estudio de glándulas sexuales accesorias, testículos y epidídimo. Para realizar cualquiera de estas actividades el profesional debe estar capacitado, de manera tal que obtenga resultados seguros y confiables.

### **2.3. Examen Andrológico**

Es un examen que se realiza con el objetivo de conocer el potencial reproductivo de los machos ya que no podemos asegurar que solo por poseer un buen potencial genético que esté sea transmitido a su descendencia. Para llevar a cabo este examen es necesario cierta información sobre la edad, origen del animal, alimentación, sanidad, patologías y tratamientos aplicados, y todo lo que se considere útil para realizar el examen, todos estos datos tendrán que ser aportados por la persona que esté a cargo y lleve registros del animal. El examen andrológico debe realizarse en un lugar seguro, donde el animal este contenido (Tibisay Vilanova y Ballarales, 2005).

Es fundamental para realizar un examen clínico de un reproductor que se aborden asuntos como historia clínica desde punto de vista general y reproductivo, examen objetivo general, exámenes de los órganos genitales externos e internos, valoración de libido, exámenes especiales (Rutter y Russo, 2006).

Debe seguirse un procedimiento metódico al realizar este tipo de examen. Se obtiene información importante para determinar la capacidad reproductiva a partir de la palpación, medida de perímetro escrotal (solo en especies que presentan testículos pendulares) y evaluación del semen (Pechman y Eilts, 1986).

Verner y Schumacher (1998) describen seis segmentos para realizar el examen andrológico; historia clínica, examen clínico general y específico, examen genital externo, examen genital interno, evaluación de comportamiento sexual y evaluación seminal.

Mediante la evaluación andrológica se logran detectar sementales con alteraciones en su fertilidad por lo que es una práctica importante, puede ser dificultoso determinar la fertilidad basándose solo en la tasa de concepción por la pobre utilización de registros, escasa asistencia veterinaria y deficitaria selección de reproductores, tales características se dan sobre todo en sistemas de producción extensiva. La evaluación del potencial reproductivo es vital para una buena eficiencia en ganadería (Chacón, 2009).

### 2.3.1. Examen Andrológico y la inclusión de la ultrasonografía

La ultrasonografía permite el diagnóstico de patologías a través de la observación y evaluación de estructuras tanto internas como externas (Pechman y Eilts, 1986).

Con examen ecográfico es posible también observar las condiciones normales de órganos y estructuras; en conjunto con el examen clínico, se pueden lograr diagnósticos precoces de ciertas patologías teniendo como gran ventaja ser un método no invasivo y rápido (Pechman y Eilts, 1986).

Desde 1980 se aplica esta herramienta en bovinos y equinos lo que ha sido de vital importancia para el estudio de su anatomía y fisiología en tiempo real. Es fundamental la experiencia del operador al momento de realizar la técnica de abordaje y observación ya que este debe detectar y corregir las interferencias que surjan en el momento del estudio así como también poder coordinar la imagen con las maniobras que realice, de todo ello depende el resultado que se obtenga. Además se debe tener previo conocimiento de las estructuras anatómicas del órgano a observar y de su apariencia ultrasonográfica normal con el fin de percibir si existen irregularidades (Pierson y Adams, 1995).

En ciertos casos se puede acudir a la ultrasonografía para complementar el examen andrológico por ejemplo cuando se advierten alteraciones en la morfología de testículos y/o en glándulas sexuales accesorias o cuando el examen del eyaculado muestre alguna anomalía como piospermia, azoospermia o desordenes en la morfología de los espermatozoides (Gnemmi, 2007).

Luego de conocer el aspecto ecográfico normal de una estructura es posible determinar con facilidad a través de la ultrasonografía cambios o irregularidades en su arquitectura (Monina y col., 2007).

Pechman y Eilts (1986) dedujeron que la ultrasonografía propicia una evaluación no invasiva de la estructura interna del escroto y testículo, y además podría posibilitar el diagnóstico de enfermedades focales y multifocales como fibrosis, neoplasias y abscesos.

Luego de conocer la apariencia normal de una estructura en base a una imagen ecográfica, las alteraciones en su morfología pueden percibirse fácilmente por medio de la ultrasonografía. Las estructuras anormales que se encuentren pero que no afectan la arquitectura también pueden ser detectadas, pero determinar sus orígenes puede ser difícil. Al ser un examen no invasivo e indoloro nos permite decidir sobre que otros métodos diagnósticos se pueden utilizar y elegir que terapia es más adecuada (Powe y col., 1988).

### 2.3.2. Técnicas de abordaje en macho y apariencia normal de las estructuras

La elección de la maniobra a utilizar para la evaluación ecográfica de los órganos genitales va a depender de la finalidad que dicho estudio tenga para el profesional. En la búsqueda de patologías se debe emplear un método de forma minuciosa recorriendo íntegramente todas las estructuras del órgano.

Para el uso de la ultrasonografía con otros fines como el análisis de intensidad de píxeles la técnica a utilizar puede comenzar por el testículo derecho incluyendo una imagen

longitudinal media antero posterior o latero lateral donde se observe el mediastino testicular y dos o tres (dependiendo del caso) imágenes transversales entre el tercio superior y medio y entre tercio medio e inferior. Posteriormente debe continuarse con la imagen del epidídimo para lo cual será necesario levantar el testículo contralateral, se podría obtener dicha imagen desde un abordaje medial en forma oblicua. Finalmente se obtiene la imagen del plexo pampiniforme en un nivel determinado. Luego se continúa con el otro testículo siguiendo el mismo criterio.

Al elegir la técnica de abordaje el ecografista debe tener en cuenta que sea un procedimiento cómodo y seguro tanto para el como para el animal.

En lo que respecta a los órganos genitales externos, los testículos pueden observarse por examen ultrasonográfico longitudinalmente y transversalmente, donde se aprecia el parénquima testicular, el epidídimo (cabeza y cola) y el cordón espermático. Previo a realizar una ecografía testicular se debe inspeccionar y palpar cada testículo. El gel ecográfico debe aplicarse sobre el escroto y también sobre la sonda (Gnemmi, 2007).

Gnemmi (2007) recomienda que el examen comience por el testículo izquierdo el cual debe sostenerse con la mano derecha con cierta compresión, empujándolo a la base del escroto quedando el testículo derecho ubicado en proximal. El testículo izquierdo queda completamente en la palma de la mano derecha y la sonda se manipula con la mano izquierda. Para examinar el testículo derecho, el procedimiento será igual, pero se hará con la mano izquierda y la sonda será guiada con la mano derecha. Puede realizarse una sección transversal y una longitudinal. Ambos testículos deben ser examinados detenidamente.

En caso de la sección transversal (Figura 17) el eje principal de la sonda está perpendicular al eje mayor del testículo, la imagen obtenida permite ver el espesor del testículo, el parénquima, las tunicas vaginales y el epidídimo. Es posible evaluar ambos testículos lo que nos permite comparar los dos parénquimas. Prácticamente se trata de empujar los dos testículos desde arriba hacia abajo, llevándolos hacia el fondo del escroto, a través de una ligera compresión en el cuello del escroto (Gnemmi, 2007).

En la sección longitudinal (Figura 16) se realiza un movimiento idéntico al precedente, con la única diferencia en el posicionamiento de la sonda que se coloca con su eje mayor paralelo al eje principal del testículo. Este examen permite identificar el espesor y el largo del testículo, el parénquima testicular, las tunicas vaginales y el epidídimo (Gnemmi, 2007).



**Figura 16.** Ubicación de la sonda en la sección longitudinal.



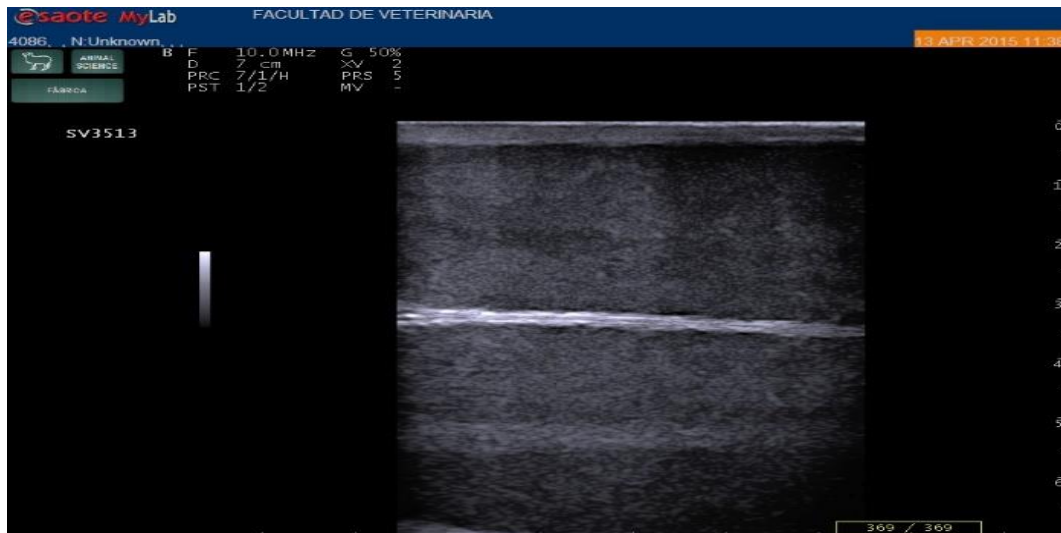
**Figura 17.** Ubicación de la sonda en la sección transversal.

El parénquima testicular es homogéneo con ecogenicidad intermedia y se encuentra rodeado por la túnica albugínea la cual comúnmente no es apreciable en la ecografía, pero puede verse como un engrosamiento refringente en caso de que exista por ejemplo hidrocele. La túnica vaginal y las demás cubiertas testiculares no son visibles individualmente en la ecografía. Puede observarse el mediastino como una línea hiperecogénica en la zona central (Rodríguez y col., 2006).

Según Chacón (2013) el parénquima testicular tiene una estructura homogénea y uniforme ligeramente hipoeicoica que está rodeado por una hipóicoica y delgada cápsula (Figura 18). Es común ver zonas hipóicoicas que pueden adjudicarse a la presencia de fibrosis y calcificación que se da en toros con examen andrológico aceptable mayores a 4 años de edad luego de haber sufrido degeneración y/o necrosis de ciertas partes del tejido testicular.

En el examen ecográfico de toros es fácil reconocer al mediastino (Figura 18) que se encuentra centralmente y recorre el eje mayor del testículo en sus tres cuartas partes aproximadamente. Siendo una estructura hipóicoica (Chacón, 2013).

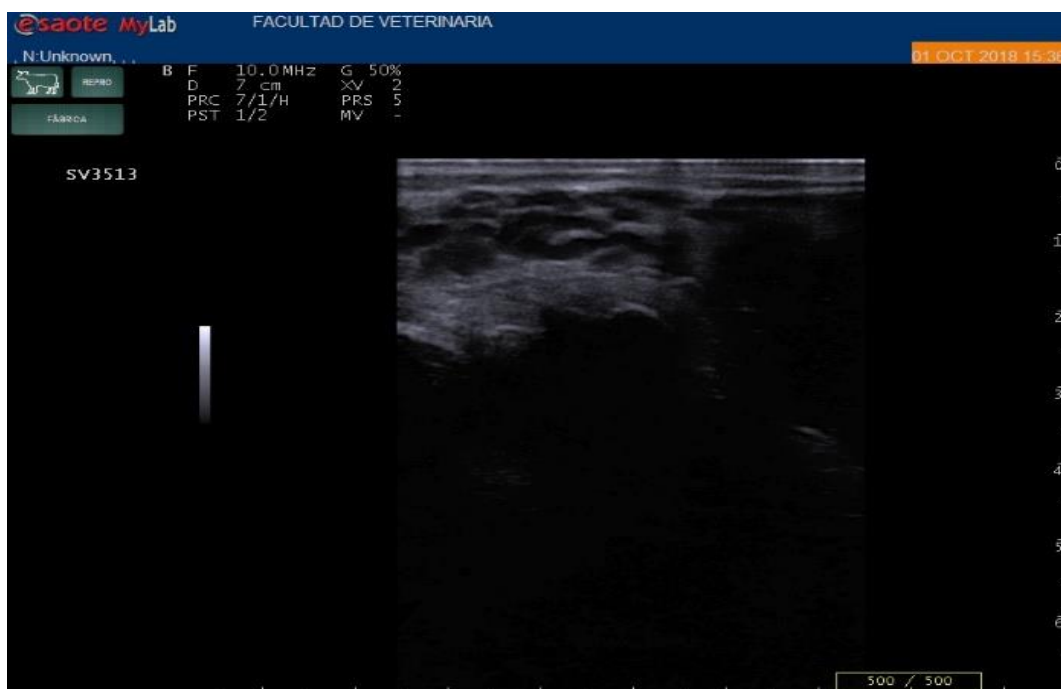




**Figura 18.** Aspecto normal del parénquima, mediastino y cápsula testicular en carnero.

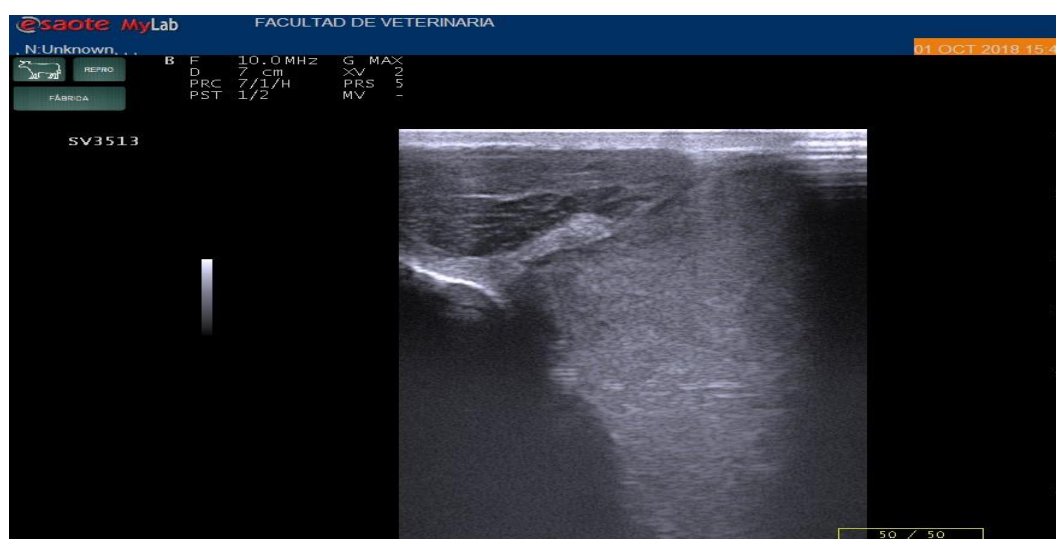
Gnemmi (2007) sugiere que para evaluar mediante ecografía la cabeza y cola del epidídimo se debe empujar el testículo hacia el fondo del escroto tal cual la posición utilizada en la observación del parénquima. También se realiza una sección longitudinal y una transversal del cordón espermático donde pueden observarse la arteria y vena testicular y el conducto deferente. Para visualizar y examinar la cola del epidídimo también es necesario llevar cada testículo hacia el fondo del escroto.

Es posible observar vasos con una pared más gruesa e hipóecoica como el caso de la arteria testicular en comparación con otros vasos como la vena testicular. El plexo pampiniforme (Figura 19), puede apreciarse como una estructura de tubular anecoica en su lumen y de apariencia tortuosa (Chacón, 2013).



**Figura 19.** Plexo pampiniforme en carnero.

En una imagen ecográfica del epidídimo normal se observa una cabeza de forma triangular alargada con márgenes hiperecoicos con aspecto homogéneo e hipoeicoico en su interior. La cabeza del epidídimo es localizada en el polo dorsal del testículo latero-cranealmente. Para localizar el cuerpo se debe elevar el testículo contra lateral llevando con cierta firmeza al otro hasta el fondo del escroto evitando que queden pliegues de piel se podrá observar una estructura elongada y tubular en la zona medial de la gónada con apariencia hipoeicoica homogénea delimitada por márgenes hiperecoicos. La cola tiene forma oval, achatada se observa una imagen heterogénea hipoeicoica (Figura 20). En los tres casos; cabeza, cuerpo y cola del epidídimo su ecogenicidad es descrita en relación con la del parénquima (Pechman y Eilts, 1987; Chacón y col., 2012a).



**Figura 20.** Cola de epidídimo en carnero.

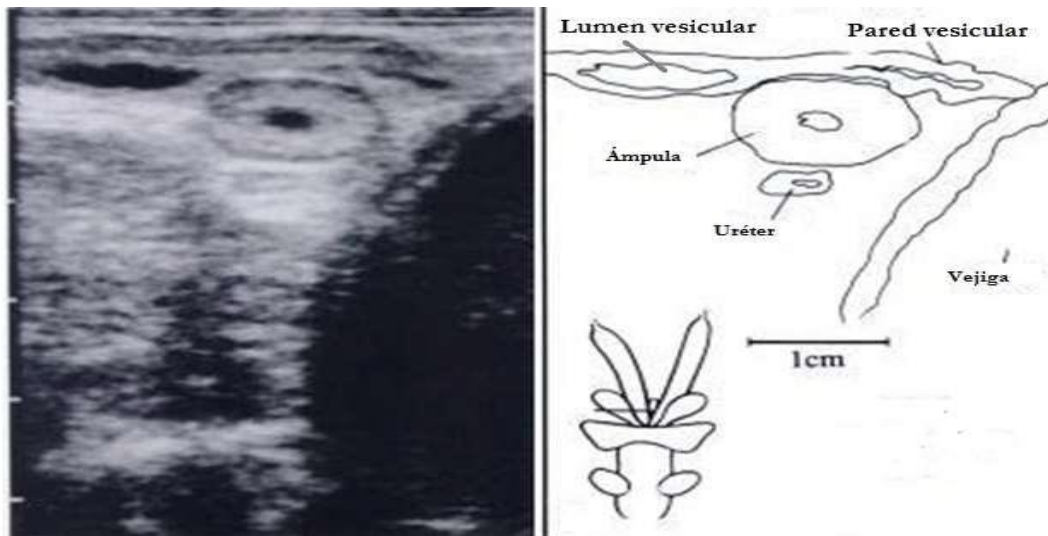
Para Chacón y col. (2012a) es dificultoso observar totalmente la cola del epidídimo debido a su forma y ubicación en el polo ventral del testículo, lo que genera un espacio muerto y hace difícil observar esta estructura con claridad por lo que el operador debe buscar una imagen lo más clara posible cambiando de posición el transductor continuamente en esta zona.

La técnica para el estudio ecográfico de los órganos sexuales internos se realiza por vía transrectal. Previamente se debe evacuar la materia fecal. La sonda se coloca dentro de un guante de exploración rectal y en la maniobra se apoya la sonda sobre el piso de la pelvis. Puede utilizarse gel ecográfico pero este no mejora la imagen en relación a usar la sonda directamente sobre la superficie, lo que se debe evitar es que se interponga materia fecal entre el transductor y la superficie a ecografiar. La observación empieza por las ampollas del conducto deferente, siguiendo hacia caudal se podrán visualizar las glándulas vesiculares, el cuerpo de la próstata, el tracto pelviano de la uretra y las glándulas bulbouretrales (Gnemmi, 2007).

Las ampollas se observan individualmente colocando el transductor directamente sobre ellas, se obtiene una imagen longitudinal cuando la sonda esta levemente angulada fuera de la línea media y ubicada en paralelo a la glándula. Es posible también hacer un corte transversal para adquirir una imagen de la ampolla, para ello es necesario girar el

transductor en un ángulo de 90 grados con respecto al eje de la glándula, se logra una imagen de ambas ampollas (vista transversal) por la cual se puede seguir hasta su entrada en la uretra (Turner, 1998).

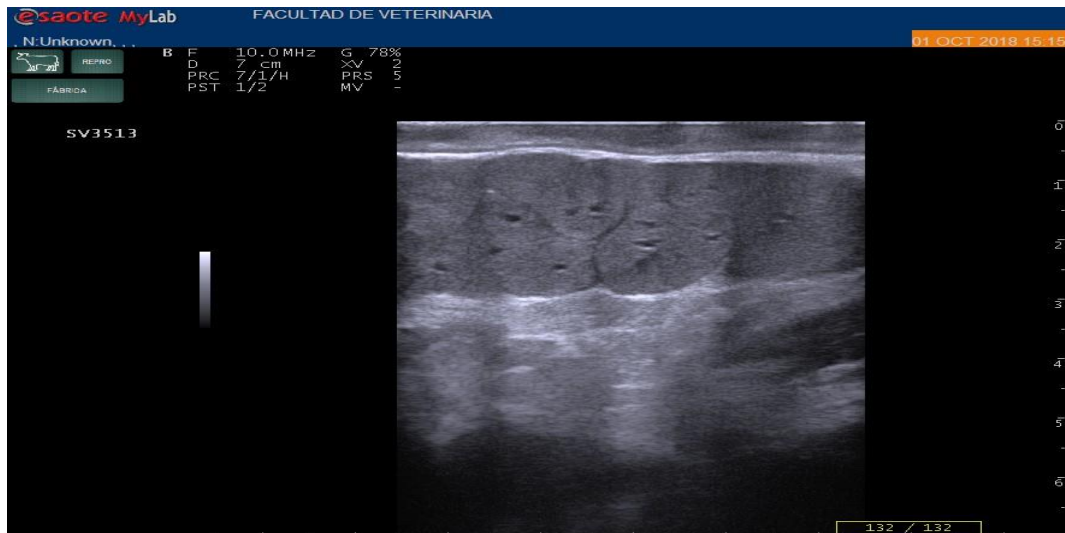
En una imagen ecográfica el lumen de las ampollas es anecogénico y está rodeado por una pared que se observa uniformemente ecogénica, mas externamente se encuentra la capa muscular que es hiperecogénica (Cherier, 2000).



**Figura 21.** A) Proyección ultrasonográfica transversal de la ampolla del conducto deferente izquierda en padrillo B). Esquematación de la proyección ultrasonográfica de la ampolla izquierda en padrillo (Fuente: Little, 1998).

Según Little (1998) el tamaño y la ecotextura de las glándulas vesiculares van a depender del grado de estimulación sexual del padrillo.

La imagen ultrasonográfica de una sección longitudinal de las glándulas vesiculares (Figura 22) muestra las paredes musculares ligeramente hiperecogicas, en comparación con las estructuras que las rodean. El lumen puede verse hipoecoico cuando se encuentra distendido con las secreciones propias de esta glándula (Weber y Woods, 1992).



**Figura 22.** Vesícula seminal en toro.

Para ubicar a la próstata el transductor debe deslizarse hacia caudal a partir de las vesículas seminales, manteniendo la sonda ubicada sobre la línea media en paralelo con el eje axial del animal. Si se mueve el transductor lateralmente podrán visualizarse los lóbulos prostáticos. El parénquima se observa gris-blanco y heterogéneo ya que contiene múltiples espacios anecoicos (Turner, 1998).

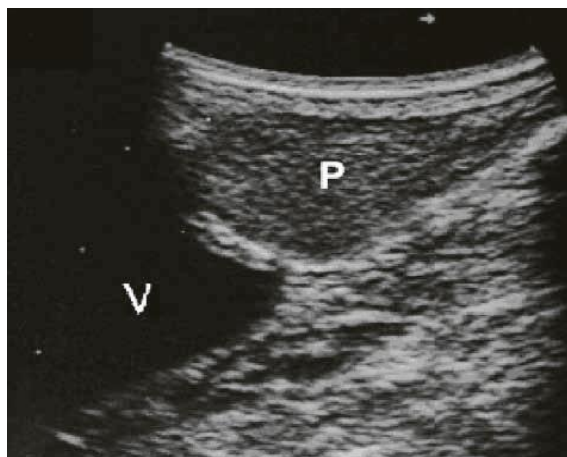


**Figura 23.** Próstata en carnero.

La próstata es claramente visible por medio de la ecografía, se observan sus dos lóbulos simétricos y ecogénicos. La variación del tamaño de los espacios hipoeoicos o anecoicos encontrados en el parénquima prostático del equino, pueden deberse a la frecuencia de eyaculación y al grado de estimulación sexual. Cherier (2000)

En caninos se describen dos técnicas para la evaluación de la próstata por medio de la ultrasonografía, la transabdominal suprapúbica y la transrectal (Finn y Wrigley, 1989).

La técnica transabdominal suprapúbica (Figura 25) es la más usada y para llevarse a cabo el animal se coloca en recumbencia dorsal, se debe depilar la zona que se encuentra entre el espacio craneal del prepucio hasta el pubis y desde la línea media hasta los pliegues inguinales, se aplica gel ecográfico sobre la superficie preparada. La vía transrectal (Figura 24) es utilizada con fines de investigación y no en la práctica diaria (Finn y Wrigley ,1989).



**Figura 24.** Imagen de un corte longitudinal de próstata en perro. Ecografía vía transrectal. V, Vejiga; P, Próstata. (Fuente: Thibaut y col., 2009).

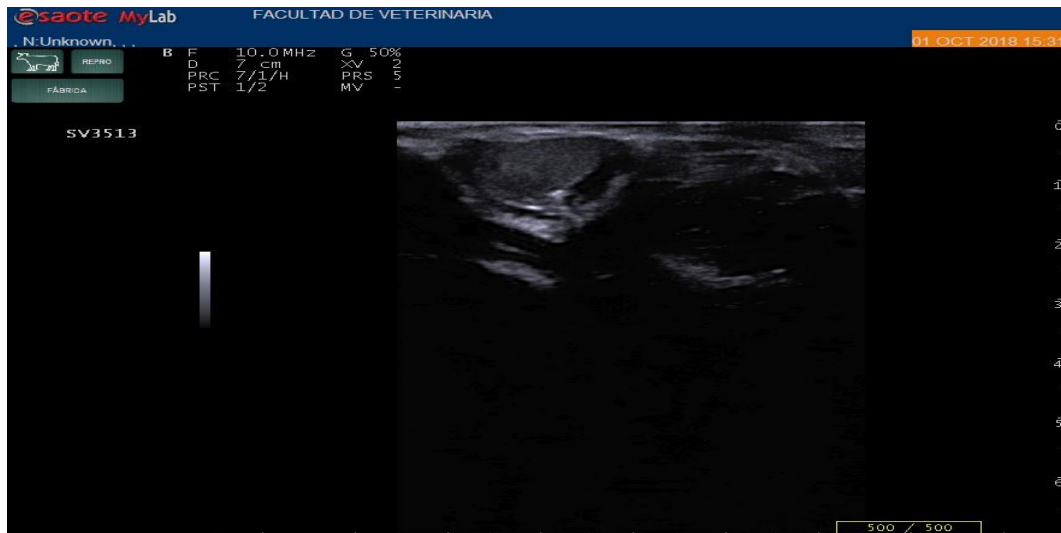


**Figura 25.** Imagen de un corte longitudinal de próstata en perro. Ecografía vía transabdominal. P, Próstata; V, vejiga; CV, cuello vesical. (Fuente: Thibaut y col., 2009)

Normalmente la próstata es una estructura simétrica con ecotextura uniforme, es posible observar zonas hipoecoicas las que pueden deberse al acúmulo de líquido prostático o tejido glandular con mayor cantidad de este fluido (Cartee y Rowles, 1983).

Las glándulas bulbouretrales pueden ecografiarse con facilidad, tienen una ecotextura uniforme aunque poseen áreas pequeñas de aspecto anecoico debido al acúmulo de secreción glandular (Ginther, 2007).

Al observar un corte longitudinal cada glándula bulbouretral se visualiza un borde delgado hipoecoico (Figura 26) que corresponde al musculo bulboglandular el cual se encuentra rodeando el parénquima glandular con ecogenicidad homogénea (Weber y Woods, 1992).



**Figura 26.** Glándula bulbouretral en carnero.

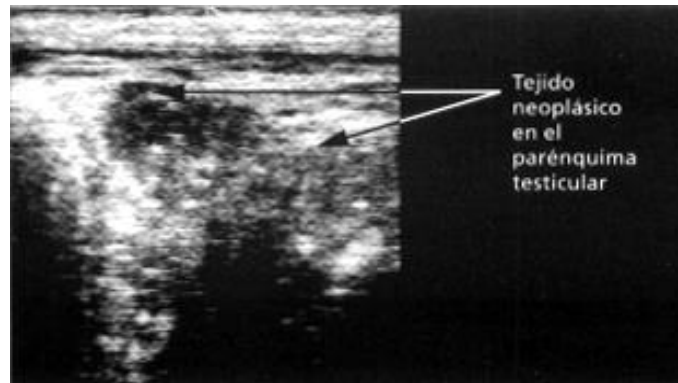
### 2.3.3. Patologías diagnosticadas por ecografía

Por medio de la ecografía se pueden diagnosticar diversas patologías tanto de los órganos sexuales externos como internos, para ello se debe tener conocimiento previo de la apariencia ultrasonográfica normal de cada estructura.

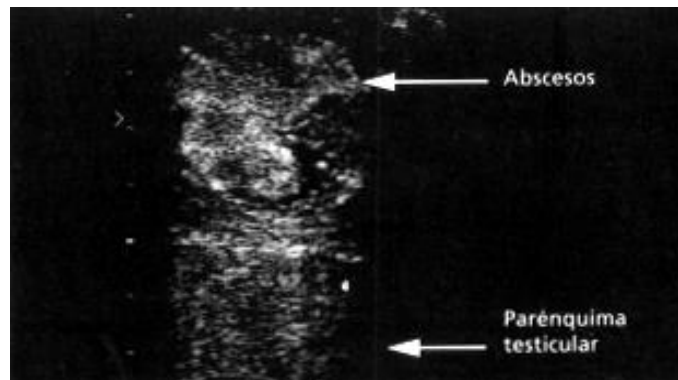
Para Gnemmi (2007) es posible evidenciar ciertas patologías en el testículo por medio de la ecografía tales como la degeneración testicular en sus distintos grados que se observan como puntos hiperecogénicos. También pueden encontrarse tumefacciones con ecogenicidad muy heterogénea lo que está relacionado a la formación de abscesos en el interior testicular. El centro del absceso puede ser hiperecogénico o puede observarse una cantidad de puntos hiperecogénicos sobre un fondo anecoico lo que se debe al contenido de fluido del absceso. El hallazgo de áreas hiperecogénicas en contacto con áreas anecogénicas puede coincidir con la presencia de neoplasias las cuales son de apariencia muy heterogénea.

La ubicación de testículos retenidos en la cavidad abdominal y la observación del tejido testicular con el fin de evidenciar la probable existencia de neoplasias o torsión es posible mediante el uso de la ultrasonografía. No se pueden diferenciar los distintos tumores que se pueden presentar en el testículo ya que no está descrito un ecopatrón consistente para distinguirlos. Para el caso del tumor de células de Sertoli lo más común es encontrar un testículo hipoecoico con grandes zonas anecoicas (Pugh y Konde, 1991).

La imagen ecográfica de las neoplasias testiculares es variable, van desde un foco anecóico (Figura 27) hasta una apariencia que distorsiona por completo la arquitectura normal del testículo (Johnston y col., 1991).



**Figura 27.** Áreas hiperecogénicas al lado de áreas ecogénicas y anecogénicas en toros (Fuente: Gnemmi, 2007).



**Figura 28.** Abscesos en el interior del testículo, que ecográficamente se ven como tumefacciones caracterizadas por una ecogenicidad muy heterogénea en toro (Fuente: Gnemmi, 2007).

Patologías comunes como la epididimitis y el granuloma espermático son consideradas como las principales causales de eliminación de carneros. La imagen ecográfica de la cabeza y la cola del epidídimo son muy diferentes, la cabeza del epidídimo se presenta como una estructura homogénea y en la cola se visualiza una imagen heterogénea. La cabeza del epidídimo está cubierta por el plexo pampiniforme lo que dificulta su evaluación (Gómez y col., 2006).

Pugh y Konde (1991) en ciertos casos relacionan el hallazgo de tumefacciones que se observan en la ecografía como granulomas con la epididimitis crónica la cual estaría asociada a una calidad seminal baja. Ante la presencia de orquitis y epididimitis los testículos presentan un patrón hipoecoico generalizado, estos órganos pueden manifestar un aumento de tamaño o no y puede haber presencia de fluido interesrotal.

El hidrocele es una patología que es evidenciable por medio de la ecografía, se caracteriza por el aumento del espesor del espacio que separa la túnica vaginal externa de la interna. Este espacio en condiciones normales no supera los 2 mm y ecográficamente aparece como una leve línea anecóica. Pueden darse a este nivel otras patologías como piocele o hematocele pero son menos frecuentes (Gnemmi, 2007).

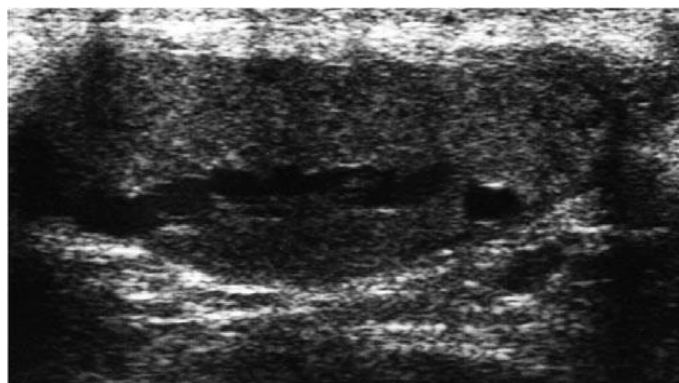


**Figura 29.** Hidrocele testicular en toro (Fuente: Gnemmi, 2007).

La hidrocele es la acumulación de líquido entre las tunicas vaginales del testículo que es la causa más común del aumento de tamaño testicular. Normalmente en esta zona existe la presencia de una pequeña cantidad de líquido de forma fisiológica. En la mayoría de los casos la acumulación patológica de líquido es idiopática pero hay otras causas que pueden ocasionarla como hernias, infecciones o traumatismos (Rodríguez y col., 2006).

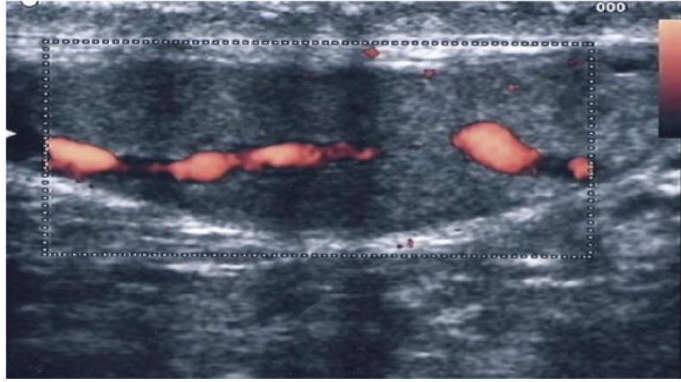
En el cordón espermático pueden observarse patologías como el varicocele o la torsión del cordón. En lo que respecta al varicocele se debe a una falla del sistema venoso lo que da lugar a una dilatación del plexo pampiniforme. Dicha patología es asintomática en toros. Para el caso de la torsión del cordón es rara en toros ya que la posición vertical de los testículos dificulta su aparición. Los problemas clínicos a partir de una torsión testicular surgen cuando se superan los 180°. Se observan síntomas como dilatación del cordón espermático hacia distal de la torsión con aumento del tamaño testicular y disminución de su ecogenicidad. Puede concluir en hidrocele o edema del escoto (Gnemmi, 2007).

Con el empleo de ultrasonografía en modo B se pueden observar patologías como el varicocele o la torsión del cordón espermático así como también la presencia de asas intestinales en la cavidad vaginal. El uso de la ultrasonografía color y modo doppler nos brinda mayor información sobre estas patologías al detectar alteraciones en el flujo sanguíneo, en la presión y resistencia vascular (Chacón, 2013)



**Figura 30.** Varicocele intratesticular en humanos. (Fuente: Rodríguez y col., 2006).





**Figura 31.** Varicocele intratesticular .Flujo en doppler color en humanos. (Fuente: Rodríguez y col., 2006).

Para Gnemmi (2007) la inflamación de las glándulas vesiculares es una patología de gran importancia. En una imagen ecográfica se observa el aumento de tamaño de las glándulas y/o áreas con abscesos. En el interior de las glándulas se pueden ver zonas anecóicas de diferentes tamaños y dentro de estas se ven puntos hiperecogénicos. Puede presentarse como una infección mono o bilateral y es característico que vaya acompañada de piospermia.



**Figura 32.** Inflamación de las glándulas vesiculares. Ecográficamente se puede ver la hipertrofia de las mismas y/o zonas con abscesos en toro (Fuente: Gnemmi, 2007).

En perros la hiperplasia prostática benigna (Figura 33) puede verse en la imagen ultrasonográfica con una ecogenicidad uniforme tanto de la glándula normal o aumentada de tamaño (Cartee y Rowles, 1983). Si se observan cavidades múltiples o simples de entre 2,5cm y 4cm de diámetro, puede relacionarse a una hiperplasia prostática quística (Ramírez y Homco, 1995).



**Figura 33.** Imagen ecográfica de hiperplasia benigna prostática en perro (Fuente: Moreno y col., 2011).

La ecogenicidad del parénquima prostático se observa heterogéneo en caso de existir adenocarcinomas, en los cuales también suelen verse focos hipoecoicos no muy definidos que tienden a unirse entre sí. Es posible visualizar zonas de sombras acústicas debido a la calcificación focal que se da en presencia de fibrosis en perros (Huml, 1992).

El tamaño de la próstata en perros aumenta asimétricamente ante la existencia del tumor y su cápsula puede llegar a romperse o estar irregular (Lamb, 1990).

#### **2.4. Uso del análisis de intensidad de píxeles y ecografía**

El análisis de intensidad de píxeles de las ecografías sería de gran utilidad para obtener mayor información sobre el cambio que sufren los tejidos. Es considerado un método objetivo al momento de evaluar la ecotextura a nivel testicular (Pierson y Adams, 1995).

Es posible por medio de la ecografía y su análisis de intensidad de píxeles determinar la ecodensidad testicular y establecer que variables existen entre la estructura del parénquima, la proliferación celular y la producción de secreciones testiculares. Pocos trabajos han empleado este método para evaluar la actividad testicular. En cetáceos pudo determinarse la relación positiva entre la concentración sérica de testosterona y la intensidad de píxeles que se manifiestan en una imagen ecográfica testicular (Wu y col., 2010).

En corderos pre púberes la ecogenicidad testicular aumenta a medida que se aproxima la pubertad lo que se le adjudica al aumento de células germinales en el parénquima testicular (Chandolia y col., 1996).

Ungerfeld y Fila (2011) señalaron una disminución en la intensidad de píxeles del testículo de carneros que fueron previamente tratados con GnRH. Este hecho fue atribuido al aumento de líquido en el testículo como consecuencia de un mayor flujo sanguíneo a causa del estímulo provocado por la LH. Carneros que fueron expuestos a hembras en celo también disminuyeron su ecogenicidad testicular con aumento de la concentración de testosterona sérica (Ungerfeld y Fila, 2012).

Según Kastelic y col. (2001) la ecotextura testicular está asociada al área de túbulos seminíferos y a la producción de espermatozoides ya que en su investigación obtuvo una correlación lineal positiva con la producción de espermatozoides y calidad seminal en toros; ante una mayor producción de esperma la imagen se hizo más hiperecoica.

Gabor y col. (1998) concluyeron que la ultrasonografía es una herramienta con gran potencial ya que en toros permite estimar el tamaño testicular y evaluar la funcionalidad del mismo.

Evans y col. (1996) demostraron que durante la etapa más activa de crecimiento de los túbulos seminíferos donde se produce mayor cantidad de células germinales la ecogenicidad del testículo se vio aumentada. Mediante la ultrasonografía es posible evidenciar ciertos cambios que se producen a nivel de los túbulos seminíferos y su contenido durante el periodo de maduración sexual, los túbulos van aumentando en número y en el tamaño de su luz con lo que aumentaría también el fluido. Ecográficamente mientras más líquido contenga menos ecogénico se verá el tejido.

Se ha comprobado por medio de estudios realizados en toros y carneros pre y peri puberales que las características ecográficas del parénquima testicular están relacionadas con la histología y morfología del testículo, tales como los cambios en los túbulos seminíferos y el comienzo y la eficiencia de la espermatogénesis (Evans y col., 1996; Arteaga y col., 2005). También se encuentran correlaciones positivas entre los valores medios numéricos de pixeles, el área que ocupan de los túbulos seminíferos en el testículo y el área de la luz de los túbulos seminíferos (Giffin y col., 2014).

Los testículos de los carneros están ocupados en su 80 % aproximadamente por túbulos seminíferos por lo que el tamaño de los dichos túbulos sería la causa principal de los cambios ocurridos en la ecogenicidad testicular. La variación en la ecogenicidad puede atribuirse al fluido presente en el lumen y/o a la existencia y acumulo de espermatozoides en los túbulos (Giffin y col., 2009).

Brito y col. (2012) concluyeron que la ecogenicidad testicular en corderos varía mucho con la edad y demostraron que los caracteres ecográficos testiculares observados en terneros están más relacionados con el desarrollo de la espermatogénesis que con la edad de los animales.

## **2.5. Nuevas tecnologías en la Medicina Veterinaria; ecodoppler**

La ecografía doppler se ha descrito como un método de diagnóstico no invasivo que puede estudiar de forma cualitativa y cuantitativa la presencia de alteraciones a nivel vascular del animal aportando información de la anatomía en tiempo real y también de la dinámica vascular (Atkinson y Woodcock, 1982).

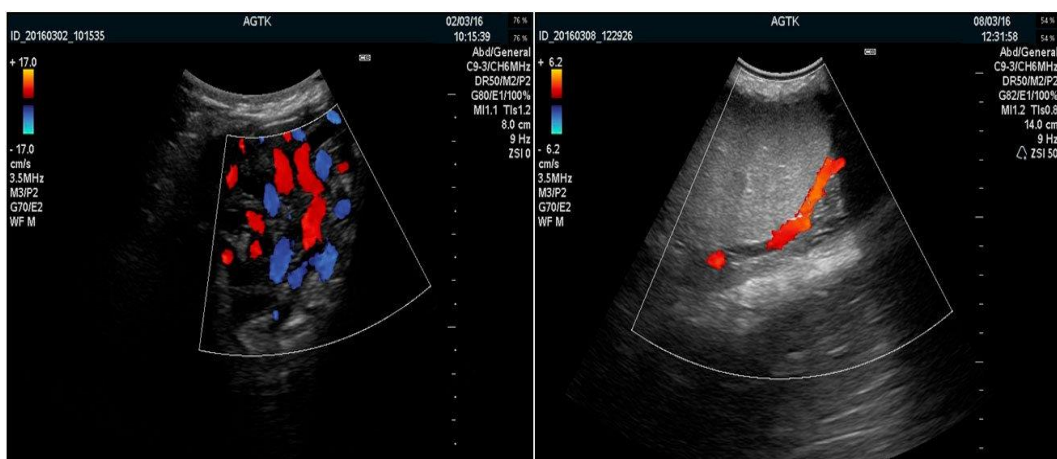
Según Finn y Hudson (1998) el modo doppler es el método a elegir para determinar la presencia o ausencia de flujo sanguíneo de las estructuras. Es utilizada además para establecer la existencia de flujo sanguíneo cuando se cree que se está en presencia de una trombosis o también para registrar ciertas alteraciones que se dan en el flujo a causa de alguna patología.

Johan Christian Doppler en 1842 explico el principio por el que actualmente se puede definir la dirección y velocidad del flujo sanguíneo dentro de un vaso. El principio doppler explica que las ondas sonoras emitidas por una fuente llegan a la superficie de recepción con una frecuencia más elevada en relación a la de emisión, este fenómeno se manifiesta

cuando una fuente de sonido y una superficie receptora se mueven una hacia la otra (Hofer, 2006).

La frecuencia de la onda será más alta que la original cuando el flujo de sangre y el ultrasonido emitido vayan en la misma dirección, pero si la dirección del flujo de sangre va en sentido contrario a la emisión de las ondas se obtendrá una frecuencia menor a la emitida originalmente. En caso que las ondas de ultrasonido lleguen de manera perpendicular al torrente sanguíneo o si se acerca a este la frecuencia de la onda resultante será aproximadamente igual que la onda de emisión. La superficie reflectante son las células rojas presentes en la sangre que están en movimiento, la sonda es la fuente de ultrasonido que se encuentra estática. En la sangre también se encuentran las células blancas y las plaquetas pero para la determinación del doppler color solo se toman como referencia las células rojas (Ginther, 2007).

Para Ginther (2007) la imagen que se obtiene por una ecografía modo B es anecoica con algunas áreas hipoecoicas que en su mayoría representan a las células rojas de la sangre. Con el modo doppler color se transforman en una compresión de la imagen, La imagen final obtenida por este modo va a depender de factores como el número de células sanguíneas y la distancia y la velocidad del flujo. Para determinar la velocidad del flujo sanguíneo debemos conocer el ángulo con el que el ultrasonido llega al vaso. Este ángulo (ángulo doppler) está formado por el haz de ultrasonido y el eje principal de los vasos.



**Figura 34.** Imágenes del testículo obtenidas mediante ultrasonografía doppler color en verraco. Vasos del cordón espermático (izquierda). Arteria testicular (derecha). (Fuente: Kauffold, 2017).

Se deben tener en cuenta algunos factores en el momento de aplicar este principio a las células rojas de la sangre que están en movimiento; la diferencia de frecuencia que se da entre la frecuencia de retorno y la de llegada y que es proporcional a la velocidad del flujo sanguíneo, la frecuencia de la onda emitida, la velocidad del ultrasonido que este a su vez depende de la ecodensidad del medio por el cual se propague siendo más lento cuando el medio es más ecodenso y por último el ángulo con el que incide el ultrasonido. Conocer el ángulo de incidencia es fundamental para determinar la velocidad del flujo sanguíneo (Hofer, 2006).

Según Hofer (2006) si el haz de ondas de ultrasonido es paralelo al vaso sanguíneo el ángulo de incidencia tiene valor  $0^\circ$  lo que representaría la mejor situación. Se debe tener

en cuenta que mientras más cercano a 90° está el ángulo de incidencia mayor será el error relativo en la medición de la velocidad de flujo sanguíneo, motivo por el cual es aconsejable no superar los 60° y para obtener resultados más certeros no deberían excederse los 45°.

Ginther (2007) explica que cuando las células rojas se mueven en la misma dirección que el ultrasonido emitido el ángulo de incidencia es de 0° y la frecuencia doppler es positiva llegando a su máximo positivo y la onda reflejada tendrá una frecuencia mayor que la onda de emisión. Si los glóbulos rojos se mueven en la misma dirección de las ondas de ultrasonido pero con ángulo de incidencia entre 30° y 60° la frecuencia doppler se reduce pero seguirá siendo positiva. En el caso de que de que las células rojas se muevan en forma perpendicular con respecto al ultrasonido se formara un ángulo incidente de 90° y la frecuencia doppler ya no podrá ser detectada. Cuando la dirección del movimiento de glóbulos rojos de la sangre es opuesta al ultrasonido la frecuencia doppler será negativa, situación que se da superando los 90° llegando a su máximo negativo a los 180°.

Los ecografistas ven como una ventaja poder observar la perfusión y la estructura anatómica en imágenes en tiempo real y en simultaneo; suceso que se viene dando gracias al desarrollo del doppler de flujo en color y sus aplicaciones en la clínica (Burns, 1987).

Miamoto y col. (2006) expresan que las imágenes ecográficas pueden estudiarse de forma cuantitativa analizando la intensidad de pixeles y las imágenes tridimensionales hacen posible visualizar al ejemplar en distintos planos, así como también permite la medición de volumen y la observación de estructuras internas y externas. El modo doppler color por el cual se evalúa el flujo sanguíneo se considera como una herramienta de gran utilidad en el manejo reproductivo en distintas especies.

La inclusión de nuevas tecnologías como la ecografía doppler color, la ecografía tridimensional y el análisis computarizado de imágenes representa una solución para casos donde la ecografía convencional está limitada, como por ejemplo precisar el estado fisiológico de un folículo, un cuerpo lúteo o un feto a partir de un solo examen (Pierson y Adams, 1999; Singh y col., 2003; Ginther y Matthew, 2004).

En estudios realizados se ha observado una relación entre el flujo sanguíneo folicular y la fertilidad del ovocito y también se asoció a la tasa de preñez en vaquillonas y vacas (Siddiqui y col., 2009a y b, Bollwein y col., 2010).

Para Herzog y col. (2010) Es más confiable la valoración del flujo sanguíneo del cuerpo lúteo para determinar su estado funcional en el ciclo estral bovino que guiarse por el tamaño.

Los equipos doppler tienen un elevado costo y un tamaño poco práctico como para ser utilizados en la clínica a campo, igualmente la ecografía doppler color se utiliza en investigaciones donde se realiza el seguimiento de la reproducción bovina siendo su utilización muy beneficiosa para tal fin. Se espera que a futuro, a raíz del desarrollo tecnológico y de la capacitación de veterinarios para poder emplear esta tecnología, sea considerada una herramienta de gran utilidad (Rodríguez-Zamora y col., 2012). En la actualidad el uso de equipos con efecto doppler está restringido a clínicas de pequeños animales o a instalaciones para investigación en grandes animales.

### 3. CONCLUSIONES

La ultrasonografía ya es utilizada en nuestro país por médicos veterinarios en distintas especies domésticas ya sea para diagnosticar patologías o demostrar eventos fisiológicos además de como método diagnóstico para patologías en los órganos reproductores del macho ya que se trata de un método no invasivo, no cruento e inocuo para el animal.

La detección temprana de patologías del aparato reproductor de machos de cualquier especie es una ventaja al momento de la selección de estos ya sea para instaurar un tratamiento o para la eliminación del mismo.

Con el examen andrológico tradicional si bien se pueden detectar y diagnosticar patologías, muchas veces se hace necesario utilizar alguna herramienta complementaria para lo que la ecografía ha demostrado ser muy eficiente.

Existen diversas investigaciones que relacionan la intensidad de pixeles con los cambios en la estructuras de los órganos ya sea que se den por el crecimiento o por distintas condiciones fisiológicas del animal. El estudio de intensidad de pixeles puede proveer información de la salud de los órganos así como también nos permite investigar y correlacionar la ecogenicidad de un tejido u órgano como por ejemplo con la edad del animal así como con distintas etapas fisiológicas, con cambios histomorfológicos y concentraciones de ciertas hormonas en sangre.

En lo que respecta a la inversión que significa la adquisición de un equipo de ultrasonido, en la actualidad existen diversos modelos, precios, calidades y facilidades de pago para los profesionales por lo que no traería muchos inconvenientes pero siempre se debe tener en cuenta el uso que le va a dar en el momento de elegir el equipo y que el precio de este esté al alcance del profesional.

Para los veterinarios que ya cuentan con ecógrafo y quieran incorporarlo al momento de hacer un examen andrológico no es necesario invertir más ya que se utilizan las mismas sondas que en hembras solo tendría que invertir tiempo en capacitarse y práctica, teniendo como beneficio una utilidad más para su equipo y su confiabilidad como profesional.

La tecnología sigue evolucionando y seguramente en un futuro existan más variedades de equipos, hoy en día contamos con equipos portátiles con muy buena resolución que nos permiten trabajar en condiciones de campo y que sea más práctico su transporte. En veterinaria se vienen haciendo investigaciones con equipos de ecografía doppler revelando información muy útil, se espera que pronto tengamos la oportunidad de seguir avanzando con esta nueva tecnología para lo que se esperan nuevos diseños de equipos con efecto doppler que puedan ser utilizados a campo.

#### 4. BIBLIOGRAFÍA

- 1) Arteaga, A.; Barth, A.; Brito, L. (2005). Relationship between semen quality and pixel-intensity of testicular ultrasonograms after scrotal insulation in beef bulls. *Theriogenology*; 64:408-415.
- 2) Atkinson, P.; Woodcock, JP. (1982). Doppler ultrasound and its use in clinical measurement. Academic Press, London. 288p.
- 3) Barth, A. (1999). Factores que afectan la pubertad en los toros. *Taurus* 1(3):4-17. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- 4) Bellenda, O. (2003). La ecografía aplicada a la reproducción en especies de interés productivo. Disponible en: [www.ecografiavet.com/](http://www.ecografiavet.com/)
- 5) Bollwein, H.; Prost, D.; Ulbrich, SE.; Niemann, H.; Honnens, A.; (2010). Effects of a shortened preovulatory follicular phase on genital blood flow and endometrial hormone receptor concentrations in Holstein-Friesian cows. *Theriogenology*; 73:242-249.
- 6) Brito, LFC.; Barth, AD.; Wilde, RE.; Kastelic, JP. (2012). Testicular ultrasonogram pixel intensity during sexual development and its relationship with semen quality, sperm production, and quantitative testicular histology in beef bulls. *Theriogenology*; 78:69-76.
- 7) Bronson, FH. (1989). *Mammalian reproductive biology*, Chicago, The University of Chicago Press. 325 p.
- 8) Burns, PN. (1987). The physical principles of Doppler and spectral analysis. *J Clin Ultrasound*; 15:567-590.
- 9) Cartee, RE.; Roweles, T. (1983). Transabdominal sonographic evaluation of the canine prostate. *Veterinary Radiology*; 24:156.
- 10) Červený, C., König, HE., Liebich, HG. (2005). Órganos genitales masculinos. En: König, HE., Liebich, HG. *Anatomía de los Animales Domésticos*, Panamericana. V. 2, pp.119-134.
- 11) Chacón, J. (2013). Evaluación ultrasonográfica del contenido escrotal durante el examen andrológico en toros bajo condiciones de monta natural y manejo extensivo. *XLI Jornadas Uruguayas de Buiatría*, pp.91-96.
- 12) Chacón, J.; Navarro, L., Vargas, B.; Viquez, C. (2012 a). Ultrasonography of the scrotal contents in sound for breeding zebu bulls extensively reared in Costa Rica. *Repr Dom Anim*; 47(4):519.
- 13) Chacón, J. (2009). Manejo reproductivo y diagnóstico andrológico del toro en ganaderías extensivas del trópico centroamericano. En: 21° Reunión Bienal de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal. San Juan. Puerto Rico; 17:14-29.
- 14) Chandolia, RK.; Honaramooz, A.; Omeke, BC.; Pierson, R.; Beard, AP.; Rawlings, NC.; (1997). Assessment of development of the testes and accessory glands by

ultrasonography in bull calves and associated endocrine changes. *Theriogenology*; 48:119-132.

15) Chandolia, RK.; Bartlewski, PM.; Omeke, BC.; Beard, AP.; Rawlings, NC.; Pierson, RA.;(1996). Ultrasonography of the developing reproductive tract in ram lambs: effects of a GnRH agonist. *Theriogenology*; 48:99-117.

16) Cherier, TS. (2000). Anatomy and Physical Examination of the Stallion. En: Samper C. Equine breeding management and artificial insemination. Saunders Company, Philadelphia, USA, pp.1-25.

17) Cunningham, JG.; Bradley, GK. (2009). Fisiología reproductiva del macho. En: Fisiología veterinaria. 4ª edición. Ed. Elsevier. Barcelona, pp.517-525.

18) Cura, JL. (2009). Radiología esencial. Editorial Médica panamericana. Buenos Aires, pp.35-40.

19) Dáhl, EV.; Herrick, JF. (1959). A vascular mechanism of maintaining testicular temperature by counter-current exchange. *Surgery Gynecology and Obstetrics*; 108:697-705.

20) Davidson, A.; Stabenfeldt, G. (2013). Reproductive physiology of the male. En: Bradley, K., *Veterinary Physiology*. Virginia, Estados Unidos, Elsevier, pp.451-459.

21) Dellman, HD.; Carithers, JR. (1999). Aparato reproductor masculino. En: Dellman HD, Carithers JR. *Citología e Histología*. Buenos Aires, Intermédica, pp.337-357.

22) Dellman, HD.; Wrobel, KH. (1993). Sistema reproductor masculino. En: Dellman HD, *Histología Veterinaria*. 2ª ed., Zaragoza, Ed. Acribia, pp.245-266.

23) Dyce, KM.; Sack, WO.; Wensing, CJG. (1999). *Anatomía Veterinaria*. 2da.Edición. México. McGraw-Hill Interamericana, 952p.

24) Evans, ACO.; Pierson, RA.; Garcia, A.; McDougall, LM.; Hrudka, F.; Rawlings, NC. (1996). Changes in circulating hormone concentrations, testes histology and testes ultrasonography during sexual maturation in beef bulls. *Theriogenology*; 46:345-357.

25) Finn, ST.; Hudson, JA. (1998). Abdominal vascular sonography. *Vet. Clin. North. Am Small Anim Pract*; 28:887-941.

26) Finn, ST.; Wrigley, RH. (1989). Ultrasonography and ultrasound biopsy of the canine prostate. En: Kirk, RW. (Ed). *Current Veterinary Therapy X. Small Animal Practice*. Philadelphia, PA, USA: W.B. Saunders Company, pp.1227-1239.

27) Fricke, PM. (2002). Scanning the future-ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J Dairy Sci*; 85(8):1918-1926.

28) Gabor, G.; Sasser, RG.; Kastelic, JP.; Mezes, M.; Falkay, G.; Bozo, S.; Boros, G. (1998). Computer analysis of video and ultrasonographic images for evaluation of bull testes. *Theriogenology*; 50(2):223-228.



- 29) García de Casasola, G.; Torres Macho, J. (2012). Principios físicos. En: Manual de ecografía clínica. Disponible en: <https://booksmedicos.org/manual-de-ecografia-clinica/pp.14-19>.
- 30) Giffin, JL.; Bartlewski, PM.; Hahnel, AC. (2014). Correlations among ultrasonographic and microscopic characteristics of prepubescent ram lamb testes. *Experimental Biology and Medicine*; 239:1606-1618.
- 31) Giffin, JL.; Franks, SE.; Rodriguez-Sosa, JR.; Hahnel, A.; Bartlewski, PM. (2009). A study of morphological and haemodynamic determinants of testicular echotexture characteristics in the ram. *Experimental Biology and Medicine*; 234:794-801.
- 32) Ginther, OJ. (2007). Ultrasonic Imaging and Animal Reproduction. En: Color-Doppler Ultrasonography. 4th ed. Equiservices Publishing, Wisconsin, USA, pp.205-215.
- 33) Ginther, OJ.; Matthew, D. (2004). Doppler ultrasound in equine reproduction: principles, techniques, and potential. *J Equine Vet Sci*; 24:516-526.
- 34) Ginther, OJ. (1995). Ultrasonic imaging and animal reproduction: Fundamentals, Book 1. Ginther Ed. Madison, Wisconsin. 225p.
- 35) Giraldo, E. (2003). Principios básicos de ultrasonografía Veterinaria. MVZ Córdoba; 8:303-309.
- 36) Gnemmi, G.; Maraboli, C. (2013). Eco Color Doppler in ginecología buiátrica Prima parte: valutazione della fisiopatología ovárica. *Animali da reddito*; 2:1-4.
- 37) Gnemmi, G.; Maraboli, C. (2007) Ultrasonografía del aparato reproductor del macho: aplicaciones a campo. *Taurus, Bs. As.* ; 9(33):38-45.
- 38) Gnemmi, G. (2006). La ultrasonografía en ginecología buiátrica. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- 39) Goddard, PJ. (2000). Ecografía veterinaria. Zaragoza. Editorial Acribia.400p.
- 40) Gómez, V.; Migliorisi, A. L.; Soules, A.; Pastorelli, V.; Soto, A. T. (2006). Caracterización ultrasonográfica de patologías epididimarias crónicas y granuloma espermático en el carnero. VIII Jornadas de Divulgación Técnico-Científicas. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- 41) Griffin, PG.; Ginther, OJ. (1992). Applications of ultrasonic imaging. En: *Reproductive biology. J Anim. Sci*; 70:953-972.
- 42) Herzog, K.; Brockhan-Lüdemann, M.; Kaske, M.; Beindorff, N.; Paul, V.; Niemann, H.; Bollwein, H. (2010). Luteal blood flow is more appropriate indicator for luteal function during the bovine estrous cycle than luteal size. *Theriogenology*; 73:691-697.
- 43) Hewitt, P. (2007). Física Conceptual. 10ª edición. Pearson Educación. Mexico.824p.

- 44) Hofer, M. (2006). Curso basico de ecografia. 5ª edición. Editorial medica panamericana. México, pp.6-9.
- 45) Huml, RA. (1992). Ultrasonography and the role of the technician in private practice. *Veterinary Technician*; 13:192.
- 46) Johnston ,GR.;Feeney, DA. ; Johnston, SD.; O'Brien, TU. (1991). Ultrasonographic features testicular neoplasia in dogs : 16 cases. *Journal of Veterinary Medical Association*; 198:1779-1784.
- 47) Kahn, W.; Leidl, W. (1989) Ultrasonic characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries. In: Taveme, M.; Willemse, A. *Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction.. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. Holanda, pp.53-65.*
- 48) Kastelic, JP.; Cook, RB.; Pierson, RA.; Coulter, GH. (2001). Relationships among scrotal and testicular characteristics, sperm production, and seminal quality in 129 beef bulls. *Canadian Journal of Veterinary Research*; 65(2):111-115.
- 49) Kauffold, J.; Althouse, G. (2017). Uso de ultrasonografía tipo B para examinar el tracto genital de los verracos. Disponible en: <http://www.3tres3.com>
- 50) Lamb, CR. (1990). Abdominal ultrasonography in small animals: intestinal tract and mesentery, kidneys, adrenal glands, uterus and prostate. *Journal of small animal Practice*; 31:295.
- 51) Lincoln, GA. (2002). Neuroendocrine regulation of seasonal gonadotrophin and prolactin rhythms: lessons from the Soay ram model. *Reproduction*; 59:131-147.
- 52) Lincoln. GA.; Clarke, IJ. (1994). Photoperiodically-induced cycles in the secretion of prolactin in hypothalamopituitary disconnected rams: Evidence for traslation of the melatonin signal in the pituitary gland. *Journal of Neuroendocrinology*; 6:251-260.
- 53) Lincoln, GA.; Short, RV. (1980). Seasonal breeding: nature´s contraceptive, *Recent Progress in Hormone Research*, Nueva York, Academic Press; 629p.
- 54) Little, TV. (1998). Accessory Sex Gland and Internal Reproductive Tract Evaluation. En: Rantanen NW and AO McKinnon. *Equine Diagnostic Ultrasonography*. Williams and Wilkins, Pennsylvania, USA, pp.271-287.
- 55) Malpaux, B.; Migaud, M.; Tricoire, H.; Chemineau, P. (2001). Biology of mammalian photoperiodism and the critical role of the pineal gland and melatonin. *Journal of Biology Rhythm*; 16:336-347.
- 56) Malpaux, B.; Skinner, DC.; Maurice, F. (1995). The ovine pars tuberalis does not appear to be targeted by melatonin to modulate luteinizing hormone secretion, but may be important for prolactin release. *Journal of Neuroendocrinology*; 7:199-206.
- 57) Malpaux, B.; Robinson, JE.; Brown, MB.; Karsch, FJ. (1988). Importance of changing photoperiod and melatonin secretory pattern in determining the length of the breeding season in the Suffolk ewe. *Journal of Reproduction and Fertility*; 83:461-470.

- 58) Miamoto, A.; Shirasuna, K.; Hayashi, KG.; Kamada, D.; Awashima, C.; Kaneko, E.; Acosta, TJ.; Matsui, M. (2006). A potential use of color ultrasound as a tool for reproductive management: New observations using color ultrasound scanning that were not possible with imaging only in black and white. *J Reprod Dev*; 52:153-160.
- 59) Monina, MI.; Heritier, JM.; Vera, OA.; Della Croce, MR.; Ierace, AJ.M.; Galetti, EJ.R.; Véspoli Pucheu, MV.; Rossetto, L.; Olivares (2007). Semiología ultrasonográfica del testículo, epidídimo y cordón espermático en el toro. *Revista del Colegio de Médicos Veterinarios de la provincia de Santa Fe*; 24(183):33-39.
- 60) Moreno, A.; Hervas, J.; Chacón, J. (2011). Significado patológico de la imagen ultrasónica en pequeños animales. *Anales de la Real Academia de Ciencias Veterinarias de Andalucía Oriental*; 24:226-228.
- 61) Neill, DJ. (2006). *Knobil and Neill's Physiology of Reproduction*, 3ª ed. St Louis, Academic Press, pp.3296.
- 62) Pechman, R.; Eilts, B. (1987). B-mode ultrasonography of the bull Testicle. *Theriogenology*; 30:1169-1175.
- 63) Pechman, R.; Eilts, B. (1986). B-Mode Ultrasonography of the Bull Testicle. *Theriogenology*; 27:431-441.
- 64) Pierson, RA.; Adams, GP. (1999). Remote assessment of ovarian response and follicular status using visual analysis of ultrasound images. *Theriogenology*; 51:47-57.
- 65) Pierson, RA.; Adams, GP. (1995). Computer-assisted image analysis, diagnostic ultrasonography and ovulation induction: strange bed fellows. *Theriogenology*; 43:105-112.
- 66) Powe, TA.; Cartee, RE.; Carson, R.; Wolfe, D.; Hudson, R. (1988). B-mode ultrasonography of testicular pathology in the bull. *Agri practice Diagnosis*; 9:43-45.
- 67) Pugh, Ch.; Konde, L. (1991). Sonographic evaluation of canine testicular and scrotal abnormalities: a review of 26 cases histories. *Veterinary Radiology*; 32: 243-250.
- 68) Quíntelas, LA.; Díaz de Pablo, C.; García, P.; Peña, A.; Becerra, J. (2006). Ecografía y Reproducción en la vaca. En: Universidad Santiago de Compostela. Servizo de publicacións e Intercambio científico, pp.10-96.
- 69) Ramirez, O.; Homco, LD. (1995). Ultrasonographic diagnosis cyst prostatic hyperplasia. *Veterinary Radiology and Ultrasound*; 36:146.
- 70) Rodríguez, R.; Mayayo, T.; Lennie, A.; Sanz, E.; Arias, F.; García, R. (2006) Ecografía testicular. *Arch Esp Urol*; 59:441-454
- 71) Rodríguez-Zamora, LA.; Abuelo A.; Bejar, JP, Cazapal, CF.; López, L.; Pérez, A.; Sanchís, JM.; Vigo, M.; Teijeira, RH.; Contreras, JL.; Becerra, JJ.; Barrio, M.; Herradón, PG.; Quintela, LA. (2012). El uso de la ecografía Doppler color en el control reproductivo vacuno. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>

- 72) Rosell, R.; Llorente, R.; Ramírez, A.; Verdecia, M.; Hernández, E. (2008). Ultrasonografía y su uso en producción animal. Disponible en: <http://www.produccion-animal.com.ar/>
- 73) Rosés, G.; Larocca, C.; Saralegui, G.; Boggio, J. (2003). Ultrasonografía aplicada a la reproducción de yeguas. Manual. Departamenteo de Reproducción Animal, Facultad de Veterinaria, Udelar. Montevideo. Uruguay, pp.6-9.
- 74) Ruckebusch, Y.; Phaneuf, LP.; Dunlop, R. (1994). Hormonas de la adenohipófisis. Fisiología de pequeños y grandes animales. México, El Manual Moderno, México.pp. 619-630.
- 75) Rutter, B.; Russo, A. (2006). Bases para la Evaluación de la Aptitud Reproductiva del Toro. 2ª. ed. Buenos Aires. Agro Vet. 270 p.
- 76) Siddiqui, MAR.; Almamun, M.; Ginther, OJ. (2009 b). Blood flow in the wall of the preovulatory follicle and its relationship to pregnancy establishment in heifers. Anim Reprod Sci; 113:287-292.
- 77) Siddiqui, MAR.; Gestal, EL.; Gestal, MO.; Almamun, M.; Beg, MA.; Ginther, OJ. (2009 a). Relationship of vascular perfusion of the wall of the preovulatory follicle to in Vitro fertilization and embryo development in heifers. Reproduction; 137:689-697.
- 78) Singh, J.; Adams, GP.; Pierson, RA. (2003). Promise of new imaging technologies for assessing ovarian function. Anim Reprod Sci; 78:371-399.
- 79) Sisson, S.; Grossman, JD. (1982). Sistema urogenital. En: Ellenport, C.; Ghoshal, N.; Hillman, D. Anatomía de los animales domésticos. 5ta Edición. Masson. Barcelona, pp.168 -170.
- 80) Thibaut, J.; Santander, J.; Mieres, M. (2009). Estudio comparativo de la próstata en perros mediante ecografía transrectal y transabdominal. Arch med vet; 41:61-66.
- 81) Tibisay Vilanova, FL.; Ballarales, P. (2005). La evaluación andrológica: justificación y métodos. En: González-Stagnaro, C.; Soto Belloso, E. Manual de ganadería doble propósito. Maracaibo. Astro Data, pp.498-499.
- 82) Turner, RM. (1998). Ultrasonography of the genital tract of the stallion. En: Reef VB. Equine Diagnostic Ultrasound. Saunders Company, Philadelphia, USA, pp.446-479.
- 83) Ungerfeld, R.; Fila, D. (2012). Testicular Fluid Content and Scrotal Surface Temperature Increase with Rams' Sexual Activity. Reprod Dom Anim; 47:56-58.
- 84) Ungerfeld, R.; Fila, D. (2011). Testicular Fluid Content Evaluated by Ultrasound Image Computer-Assisted Analysis Increases with Small-Dose Multiple GnRH Injections in Rams. Reprod Dom Anim; 46:720-723.

85) Verner, DD.; Schumacher, J. (1998). Enfermedades del aparato reproductivo: el padrillo. En: Colahan PT. Medicina y cirugía equina. 4<sup>a</sup> ed. Interamédica, Buenos Aires, República Argentina; 2:773-789.

86) Weber, JA.; Woods, GL. (1992). Transrectal ultrasonography for the evaluation of stallion accessory sex glands. *Vet Clin of North Am Equine Pract*; 8:183-190.

87) Wu, HP.; Hao, YJ.; Li, X.; Zhao, QZ.; Chen, DQ.; Kuang, XA.; Wang, D. (2010). B-Mode ultrasonographic evaluation of the testis in relation to serum testosterone concentration in male Yangtze finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*) during the breeding season. *Theriogenology*; 73(3):383-391.