

Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad Nacional de La Pampa

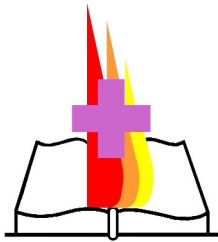


Especialización en gestión
de la producción bovina de carne
en la región semiárida central

Estudio Ultrasonográfico
del Aparato Reproductor del Toro

MV Oscar Arturo Vera

Noviembre de 2014



Facultad de Ciencias Veterinarias
Universidad Nacional de La Pampa



Especialización en gestión
de la producción bovina de carne
en la región semiárida central

Estudio Ultrasonográfico
del Aparato Reproductor del Toro

Director: Dr. Julián Alberto Bartolomé

General Pico, Noviembre de 2014

Dedicado a:

Dra. Cristina Graciela I. Ciklic

Por su continuo apoyo de siempre

Agradecimiento a:

MV María Verónica Véspoli Pucheu

Por su inestimable colaboración

Las palabras sólo pueden expresar
una parte de mi sentir,
no todo lo que quiero decir...

Índice temático:

Resumen:	Pág. 6
A) Introducción:	Pág. 7
Eje temático:	Pág. 8
B) Conceptos de onda sonora:	Pág. 9
Onda Longitudinal:	Pág. 10
Onda transversal:	Pág. 10
Características generales o elementos de las ondas:	Pág. 11
Pulsos y trenes de ondas:	Pág. 11
Nodo:	Pág. 12
Período:	Pág. 12
Elongación:	Pág. 12
Cresta, monte o pico:	Pág. 12
Valle:	Pág. 12
Amplitud:	Pág. 13
Longitud de onda:	Pág. 13
Frecuencia:	Pág. 14
Velocidad de propagación:	Pág. 14
Período:	Pág. 15
C) Fundamentos de la ultrasonografía:	Pág. 15
Interacción de los ultrasonidos con los tejidos orgánicos:	Pág. 17
Reflexión:	Pág. 17
Refracción:	Pág. 18
Dispersión:	Pág. 18
Absorción:	Pág. 18
Impedancia acústica:	Pág. 18
Efecto piezoelectrico:	Pág. 18
Resolución axial:	Pág. 20
Resolución lateral:	Pág. 20
Mecanismo de histéresis:	Pág. 21
Atenuación geométrica:	Pág. 21
Tipos de ecógrafos, transductores o sondas:	Pág. 23
Seguridad y cuidados de manejo:	Pág. 26
D) Ultrasonografía del tracto reproductivo del toro (estructuras normales y patológicas):	Pág. 27
Equipo:	Pág. 29
Técnicas:	Pág. 30
El examen externo:	Pág. 30
Corte transversal oblicuo:	Pág. 31
Corte transversal bitesticular:	Pág. 32
Corte transversal modificado:	Pág. 33
Corte longitudinal modificado:	Pág. 34
Corte sagital modificado:	Pág. 35
El examen interno:	Pág. 39
Patologías del aparato reproductor externo:	Pág. 41
Anomalías de los testículos:	Pág. 41
Orquitis:	Pág. 41

Quiste testicular:	Pág. 42
Degeneración testicular:	Pág. 43
Hematoma:	Pág. 44
Abscesos testiculares:	Pág. 44
Hidrocele:	Pág. 44
Hematocele:	Pág. 45
Hipoplasia:	Pág. 45
Neoplasia:	Pág. 46
Anomalías del epidídimo:	Pág. 46
Epididimitis:	Pág. 46
Anomalías del cordón espermático:	Pág. 46
Varicocele:	Pág. 47
Hiperplasia del tejido linfático:	Pág. 47
Hernia inguinal:	Pág. 47
Torsión del cordón espermático:	Pág. 47
Anomalías del pene:	Pág. 48
Hematoma:	Pág. 48
Absceso:	Pág. 48
Patologías del aparato reproductor interno:	Pág. 49
Anomalías de las vesículas seminales:	Pág. 49
Vesiculitis:	Pág. 49
Hipertrofia:	Pág. 50
E) Conclusión:	Pág. 50
F) Bibliografía:	Pág. 51

Índice de figuras:

Figura 1: Compresión y enrarecimiento:	Pág. 10
Figura 2: Monte y valle:	Pág. 10
Figura 3: Extensión del tren de ondas	Pág. 11
Figura 4: Nodo y antinodo	Pág. 12
Figura 5: Período y frecuencia	Pág. 12
Figura 6: Elongación, cresta o monte o pico y valle	Pág. 13
Figura 7: Amplitud	Pág. 13
Figura 8: Longitud de onda y frecuencia	Pág. 14
Figura 9: Efecto piezoeléctrico	Pág. 19
Figura 10: Resolución axial	Pág. 20
Figura 11: Resolución lateral	Pág. 21
Figura 12: Lenguaje ecográfico	Pág. 22
Figura 13: Gel transductor	Pág. 24
Figura 14: Tipos de transductores	Pág. 25
Figura 15: Esquema de las estructuras anatómicas testiculares y anexos que son observadas por ultrasonido	Pág. 30

Índice de imágenes ecográficas:

Imagen 1: Corte Transversal Oblicuo:	Pág. 31
Imagen 2: Corte Transversal Bitesticular:	Pág. 32
Imagen 3: Corte Transversal Modificado:	Pág. 33
Imagen 4: Corte Longitudinal Modificado:	Pág. 34
Imagen 5: Corte Sagital Modificado:	Pág. 35
Imagen 6: Imagen ecográfica longitudinal de ambos testículos:	Pág. 36
Imagen 7: Vista longitudinal del testículo: evaluación ecográfica:	Pág. 37
Imagen 8: Vista transversal del testículo:	Pág. 37
Imagen 9: Vista ultrasonográfica de la cabeza del epidídimo:	Pág. 38
Imagen 10: Vista ultrasonográfica de la cola del epidídimo:	Pág. 38
Imagen 11: Evaluación ultrasonográfica de la glándula vesicular:	Pág. 39
Imagen 12: Anatomía ap. reproductor interno: Glándula vesicular. Ampolla:	Pág. 40
Imagen 13: Anatomía ap. reproductor interno: Próstata. Músculo uretral:	Pág. 40
Imagen 14: Anatomía ap. reprod. int.: Glánd. Bulbouretral. M. bulboesponjoso:	Pág. 41
Imagen 15: Aspecto ecográfico patologías testiculares: Degeneración testicular:	Pág. 43
Imagen 16: Aspecto ecográfico patologías testiculares: Hidrocele:	Pág. 45
Imagen 17: Aspecto ecográfico de las patologías peneanas: Absceso:	Pág. 48
Imagen 18: Aspecto ecográfico de patologías de glánd. vesiculares: Absceso: ...	Pág. 49

Resumen:

La evaluación clínica del aparato reproductor macho en la especie bovina se realiza mediante una metodología que evalúa tanto el estado morfológico como el fisiológico brindando una serie de datos que proporcionan el fundamento con el cual se realiza el diagnóstico correspondiente. La normativa para desarrollar este procedimiento de examen clínico se realiza a través de un estudio pautado. Todo esto junto al análisis del espermograma brindan un conjunto de datos de valor considerable pero no obstante resulta dificultoso diagnosticar nosológicamente algunas alteraciones y/o afecciones que el toro puede padecer y cursar de manera subclínica. La apreciación de la consistencia de los órganos, la detección de la radiación infrarroja a través del estudio termográfico y la toma de muestra para realizar un estudio histopatológico o biopsia no son aconsejadas por su complejidad, la posibilidad de producirse complicaciones operativas que pongan en peligro el futuro reproductivo del toro e inclusive su costo mismo. Con el advenimiento del ultrasonido se producen varios cambios imprevisibles y a su vez extremadamente útiles no solo para el profesional como método complementario de diagnóstico, sino que preserva al animal ya que es un método no cruento y no invasivo del aparato reproductor del macho, el cual nos acerca aún más a un diagnóstico definitivo. Además de contar con equipos portátiles acordes para poder realizar la práctica, nos brindan información acerca de la sanidad en lo que a productividad se refiere. En la década del 80 surge la enorme posibilidad de ayuda diagnóstica, con la aplicación de la ultrasonografía en bovinos. Lo cual dio un gran aporte para el estudio y comprensión de la imagen anatomofisiológica in situ. En este proceso el que cobra un papel fundamental y trascendente es el técnico que realiza el estudio; ya que no solamente debe coordinar la imagen con los movimientos realizados con la mano, sino que es prioritario detectar las interferencias y modificarlas para arribar a un resultado correcto. Por lo tanto, esto significa que el operador debe poseer un conocimiento real de las estructuras morfológicas además de todas las diferencias en cuanto a las imágenes ecográficas para poder describir la normalidad o las diferentes estructuras que sugieran alguna patología existente. La ultrasonografía aplicada al tracto genital del macho contribuye al examen clínico convencional pre-servicio. Esta permite evaluar alteraciones en testículos, plexo pampiniforme, glándulas vesiculares, próstata, glándulas bulbo-uretrales y uretra pelviana. La detección de lesiones testiculares tales

como orquitis, fibrosis y calcificaciones en el parénquima testicular, quistes, hidroceles y hematoceles, hematomas, neoplasias como así también epididimitis y vesiculitis pueden contribuir a la re-examinación o eliminación de reproductores. Esta metodología diagnóstica complementaria podría ser de gran utilidad no solo durante el examen pre-servicio de rutina sino también en centros de inseminación artificial o para admisiones que realizan los colegios veterinarios para la comercialización de toros de alto valor genético en remate de reproductores.

A) Introducción:

La ultrasonografía permite evaluar de forma no invasiva estructuras inaccesibles. Desde la década del 80 comenzó a utilizarse en medicina veterinaria. Ya en 1986 se vio la importancia de esta técnica en el estudio anatómico y anatomopatológico de las gónadas masculinas y ha sido uno de los pasos más importantes en el estudio y comprensión de los eventos que ocurren en el organismo animal (González y Herrera, 1992; Pereyra et al., 1993 y Pechman y Eilts, 1987). La experiencia del operador en la realización del método tiene una gran importancia para su uso adecuado (Eilts y Pechman, 1988). Una vez individualizado el órgano, el técnico debe tener un conocimiento profundo de las estructuras anatómicas y de su representación ultrasonográfica normal, solo así logrará evaluar la existencia de patologías (Bergfelt y Bo, 1995 y González y Herrera, 1992).

La ecografía como método de estudio complementario por imágenes se basa en el reflejo de ondas de ultrasonido en la interfase de las diversas estructuras orgánicas (Eilts et al., 1989). Estas ondas de alta frecuencia se utilizan para la producción de imágenes de los tejidos blandos y por ende de los órganos internos (Pereyra et al., 1993). Los tejidos tienen la capacidad de propagar o reflejar las ondas de sonido y el eco resultante es recibido por los cristales piezoeléctricos que transformarán las vibraciones en corriente eléctrica que irá a la máquina para ser codificada y transformada en imágenes en distintos tonos de grises. La intensidad y frecuencia de las ondas serán directamente proporcionales a la distancia y la consistencia de los tejidos. El color de las imágenes se evaluará en los distintos tonos de grises desde el blanco (hiperecoico) al negro (anecoico) (Brass, 1987 y Pereyra et al., 1993).

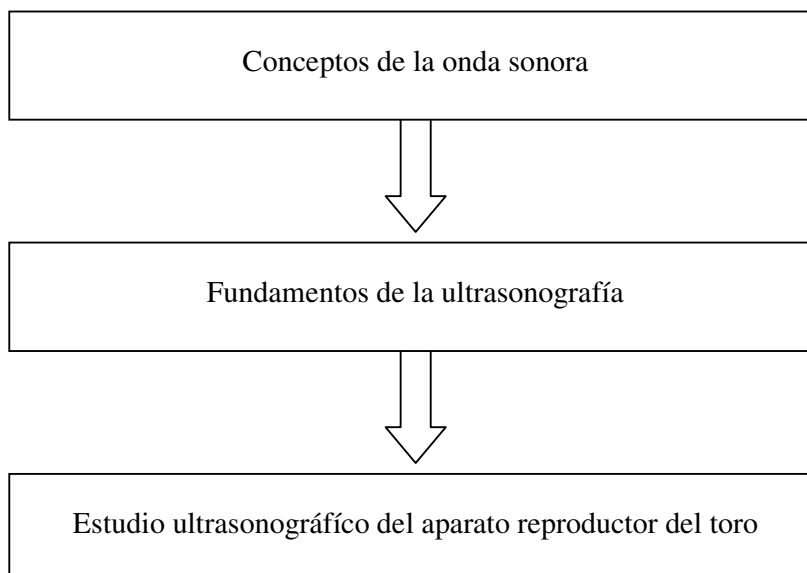
La utilidad de la ultrasonografía está en la detección de la estructura ecogénica del parénquima y estroma testicular. La naturaleza no invasiva de la técnica permite su aplicación práctica sin provocar reacciones tisulares (Mosca Zohil, 1991).

Los adelantos científico–tecnológicos (en lo que a medicina preventiva se refiere) nos muestran que no basta con el método tradicional, que existen nuevas técnicas de estudio para evaluar el estado del parénquima mucho más certero y más profundos. La ultrasonografía como herramienta capaz de cubrir este defecto permite en calidad de examen complementario integrar el estudio (González y Herrera, 1992); pero para ello, se deben conocer los parámetros promedio a considerar, tanto en lo que se refiere a ecoestructura como a dimensiones de los diferentes componentes anatómicos.

Para poder arribar al objetivo propuesto que es el estudio ultrasonográfico del aparato reproductor del toro deberemos plantear como método de análisis el siguiente eje temático:

En primer lugar se analizarán los principios que rigen para la producción de la onda sonora, para luego continuar con el análisis de las bases de la ultrasonografía y por último desarrollar la utilización de la ecografía para evaluar el estado del aparato reproductor del toro.

Eje temático:



B) Conceptos de la onda sonora:

La onda (movimiento oscilante) es un movimiento que se propaga desde el punto en que se produjo hacia el medio que rodea ese punto. Es decir que dicho medio puede ser material o incluso en el vacío.

Todas las ondas materiales requieren un medio elástico para propagarse y se las denomina ondas mecánicas. Las ondas electromagnéticas son las únicas que se propagan en el vacío.

Desde un punto de vista físico, el sonido es una vibración que se propaga en un medio elástico (sólido, líquido o gaseoso), cuando nos referimos al sonido audible por el oído humano, lo definimos como una sensación percibida en el órgano del oído, producida por la vibración que se propaga en un medio elástico en forma de ondas.

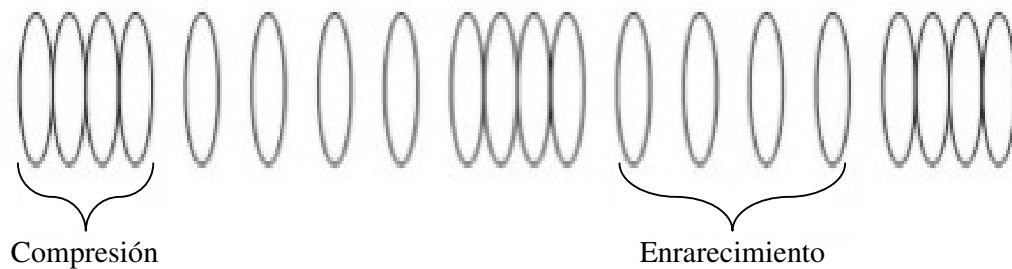
Estos cambios de presión se transmiten por colisión entre las moléculas de aire y la onda sonora luego éstas son capaces de desplazarse a nuestros oídos.

Un objeto cuando vibra, perturba la presión y la densidad del medio que le envuelve, transmitiendo dicha vibración al comprimirse y expandirse, para ello es necesario que sea un medio elástico, ya que un cuerpo rígido no permite que las vibraciones se transmitan. Así pues, sin un medio elástico (aire, agua, cuerpo sólido), no habría sonido, ya que las ondas sonoras no se propagan en el vacío.

Cuando las moléculas se juntan porque la presión aumenta se llaman compresiones y aquellas en que la presión disminuye o sea que las moléculas se alejan se llaman enrarecimientos.

En general, los sonidos están formados por unión de componentes de distinta frecuencia, dependiendo su sonoridad de las contribuciones relativas de cada componente, es decir, de las frecuencias presentes y de las intensidades correspondientes. Físicamente se representan mediante una curva cuyos puntos dan la intensidad en función de la frecuencia, denominándose este fenómeno como espectro de frecuencia de un sonido (Laforga Fernández, [http](http://)).

Figura 1: Compresión y enrarecimiento

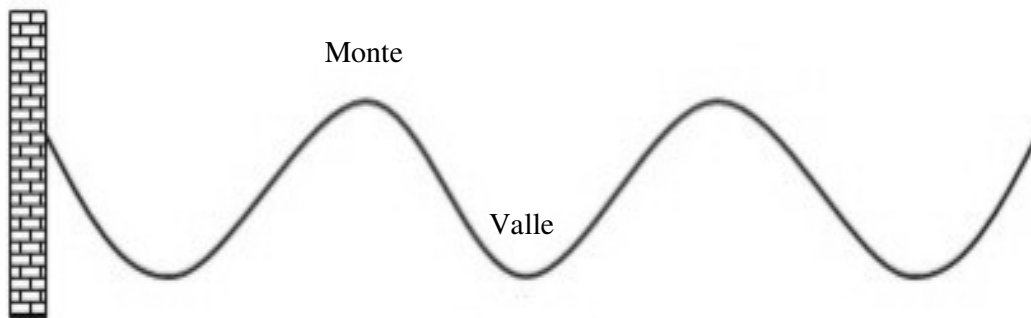


(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Las ondas se pueden clasificar en dos tipos según la dirección de los desplazamientos de las partículas en relación a la dirección del movimiento de propagación de la propia onda: onda longitudinal y onda transversal.

Onda longitudinal: Si la vibración es paralela a la dirección de propagación de la onda, la onda se denomina longitudinal. Las ondas sonoras son un ejemplo típico de esta forma de movimiento ondulatorio. Un resorte que se comprime y estira también da lugar a una onda longitudinal. Otro ejemplo de onda longitudinal es aquella que se produce cuando se cae una piedra en un estanque de agua, en ese caso se produce una perturbación que se propaga en círculos concéntricos (excéntricos) que terminan extendiéndose en todo el estanque. Estas ondas se caracterizan por tener montes y valles.

Figura 2: Monte y valle



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Onda transversal: Otro tipo de onda es la onda transversal, en la que las vibraciones son perpendiculares a la dirección de propagación de la onda. Las ondas transversales pueden ser mecánicas, como las ondas que se propagan a lo largo de una cuerda tensa

cuando se produce una perturbación en uno de sus extremos. También las ondas electromagnéticas como la luz, los rayos X o las ondas de radio. En esos casos, las direcciones de los campos eléctrico y magnético son perpendiculares a la dirección de la propagación.

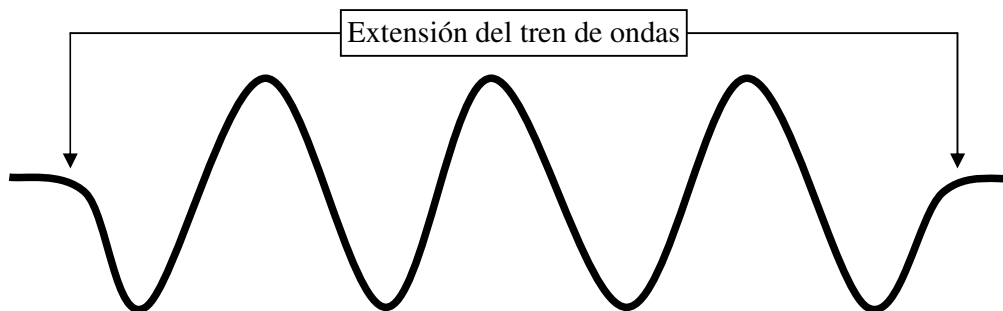
Características generales o elementos de las ondas:

Pulsos y trenes de onda: Según lo prolongada que sea la perturbación transportada las ondas se clasifican en pulsos y trenes de onda: El movimiento de cualquier objeto material puede ser considerado como una fuente de ondas. Al moverse perturba el medio que lo rodea y esta perturbación al propagarse puede ser un pulso o un tren de ondas. Un impulso único como una vibración en el extremo de una cuerda, al propagarse da lugar a un tipo de onda llamada pulso.

Un pulso es una onda que transporta una perturbación que dura un corto intervalo de tiempo. Un sonido breve y seco, como el producido por un golpe brusco o por la explosión de un petardo también es un pulso.

Un tren de ondas es una onda en la que la perturbación transportada es de larga duración. Por ejemplo: Una serie continua e ininterrumpida de sacudidas que se propagan a lo largo de una cuerda tirante o de un resorte, un sonido monótono y permanente, etcétera. En el mismo instante en que vemos el relámpago se llega a generar el trueno. Cuando el trueno llega hasta nosotros el ruido dura poco tiempo: es un pulso que continúa viajando y que puede tardar un tiempo apreciable en extinguirse (Estevez Alonso, [http](#))

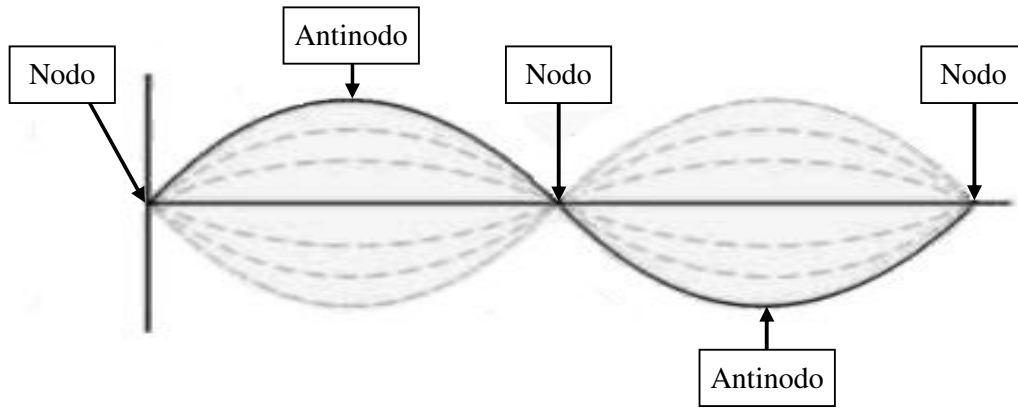
Figura 3: Extensión del tren de ondas



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., [http](#))

Nodo: es el punto donde la onda cruza la línea de equilibrio.

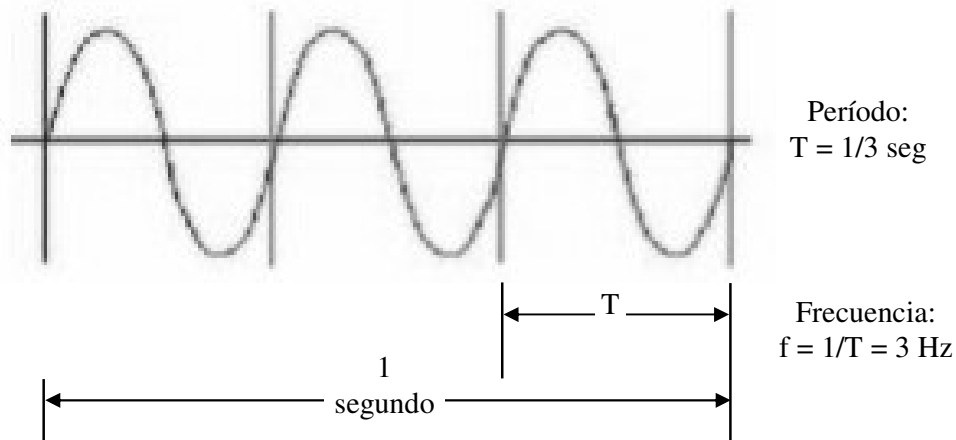
Figura 4: Nodo y antinodo



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Período (T): es el tiempo transcurrido entre la emisión de dos ondas consecutivas. Se mide en segundos o s/ciclo

Figura 5: Período y frecuencia



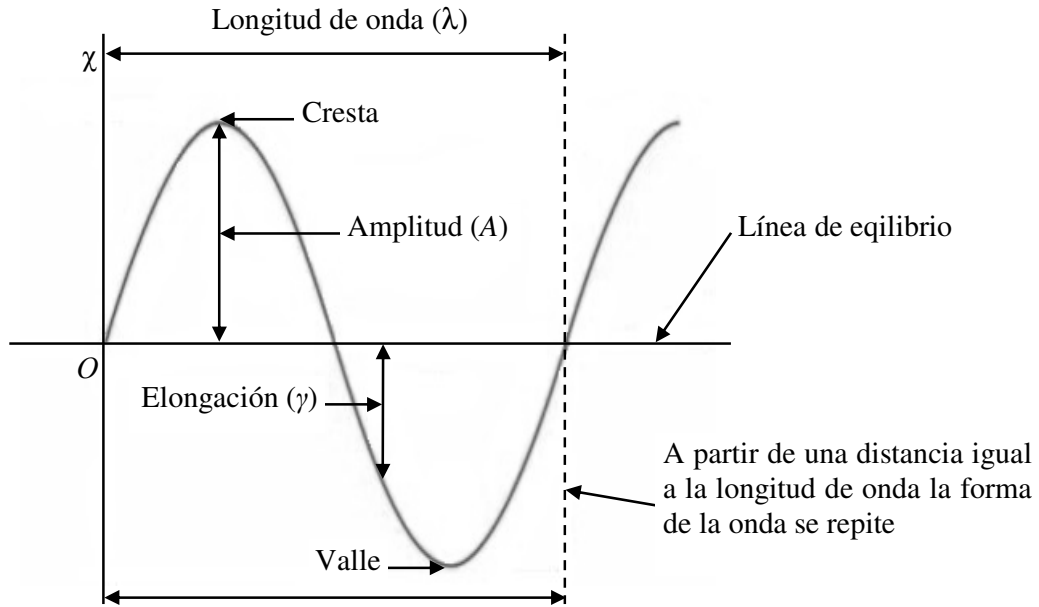
Notemos que el período (T) es igual al recíproco de la frecuencia (f) y viceversa.
(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Elongación: es la distancia que hay entre cualquier punto de onda y su posición de equilibrio.

Cresta, monte o pico: es la posición más alta con respecto a la posición de equilibrio.

Valle: es la posición más baja con respecto a la posición de equilibrio.

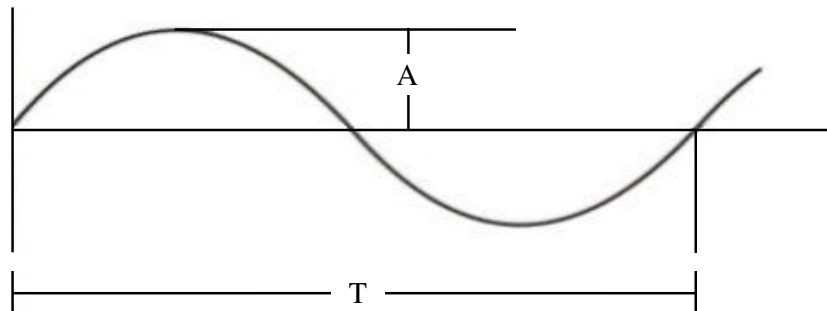
Figura 6: Elongación, cresta o monte o pico y valle



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Amplitud (A): es la máxima separación de la onda o vibración desde su punto de equilibrio.

Figura 7: Amplitud



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., http)

Longitud de onda: es la que describe cuán larga es la onda. La distancia existente entre dos crestas o valles consecutivos es lo que llamamos longitud de onda. Las ondas de agua en el océano, las ondas de aire, y las ondas de radiación electromagnética tienen longitudes de ondas.

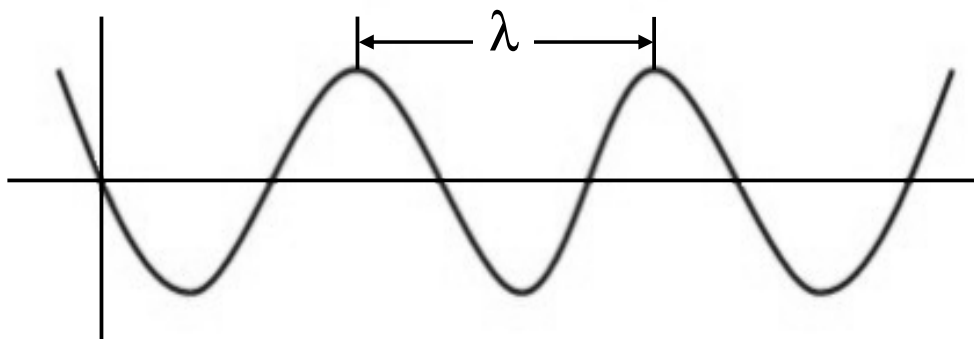
La letra griega " λ " (lambda) se utiliza para representar la longitud de onda en ecuaciones. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de la

onda. Una longitud de onda larga corresponde a una frecuencia baja, mientras que una longitud de onda corta corresponde a una frecuencia alta.

Se mide en metros y podemos decir que la parte superior de la onda se llama cresta y la parte inferior es el valle.

Tomemos como ejemplo ilustrativo una onda transversal:

Figura 8: Longitud de onda y frecuencia



(Adaptado de Querelle y Cia Ltda., <http>)

Frecuencia: se denomina frecuencia, a la cantidad de oscilaciones de un movimiento ondulatorio y vibratorio, calculado en una unidad temporal, llamándose hertz al suceso que ocurre una vez por segundo. Si en un segundo el evento se repite dos veces serán dos hertz y así sucesivamente. La frecuencia se indica con la letra f minúscula.

Las dos magnitudes anteriores, longitud y frecuencia, se relacionan entre sí para calcular la velocidad de propagación de una onda ([Infomed, red de salud de Cuba, http](http)).

Velocidad de propagación: la velocidad de cualquier cuerpo o fenómeno se puede obtener a través del cociente entre la distancia que se recorre y el tiempo necesario para recorrer dicha distancia. Se indica con la letra V y es igual al producto de la frecuencia (f) por la longitud de onda (Λ o λ)

Matemáticamente se expresa así:

$$V = \lambda \times f$$

Por lo tanto:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

Fórmula que nos indica que la longitud de onda λ y la frecuencia f son dos magnitudes inversamente proporcionales, es decir que cuanto mayor es una, tanto menor es la otra.

Período: Es el tiempo (en segundos) que tarda un punto en realizar una oscilación completa al paso de una onda. Se abrevia con la letra (T).

La frecuencia (f) se relaciona con el período según la fórmula:

$$f = \frac{1}{T_{\text{seg}}}$$

Volvamos a la fórmula:

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

para reemplazar en ella f (frecuencia), y nos queda la fórmula:

$$V = \lambda \times \frac{1}{T_{\text{seg}}}$$

$$V = \frac{\lambda}{T_{\text{seg}}}$$

Lo cual nos indica que también podemos calcular la velocidad si conocemos la longitud (λ) y el período (en segundos) de una onda.

Como vemos, podemos relacionar estas magnitudes y conociendo los valores de algunas de ellas podemos determinar los valores de las otras, usando las fórmulas indicadas (Adaptado de Querelle y Cia Ltda., [http](http://)).

C) Fundamentos de la ultrasonografía:

La tecnología del ultrasonido nace en 1880 con el desarrollo de los efectos piezoeléctricos. Luego fue aplicada en forma de SONAR (Sound Navigation and Ranging) durante la segunda guerra mundial para la detección de barcos, submarinos y aviones de guerra.

En el caso de los transductores de ultrasonido, la energía ultrasónica se genera en el transductor, que contiene los cristales piezoeléctricos; éstos poseen la capacidad de transformar la energía eléctrica en sonido y viceversa, de tal manera que el transductor o sonda actúa tanto como emisor y receptor de ultrasonidos. Estos cristales están contenidos en dispositivos conectados a un monitor (Perkins, 2000 y Ginther et al., 1989).

Desde 1950, la ecografía o ultrasonografía o scanning, está siendo utilizada por muchos veterinarios en ganadería. Posteriormente se comenzó a aplicar en otras especies en el diagnóstico clínico, reproductivo y también en investigación (Palmer y Driancourt, 1980; Kassam et al., 1987 y Taverne y Willemse, 1989).

Los primeros ecógrafos fueron llamados “Modo A”, el cual mostraba los ecos ultrasonográficos que retornaban de los tejidos como picos en la pantalla del equipo. El modo A o de amplitud es el que se empleó inicialmente para distinguir entre estructuras quísticas y las sólidas. Hoy en día es excepcionalmente empleado, salvo para comprobar los parámetros técnicos viendo la amplitud a las distintas profundidades.

En 1968 el formato del Modo A fue modificado y fue llamado “Modo B”. El Modo B es mostrado como una imagen bidimensional y consiste en una serie de puntos en la pantalla. El brillo de cada punto es determinado por la amplitud o fuerza de cada eco que regresa de su paso por los tejidos, mientras el tiempo que toma el eco en reflejarse al transductor determina la posición o localización del punto en la pantalla. es la representación pictórica de los ecos y es la modalidad empleada en todos los equipos de ecografía en tiempo real. (Perkins, 2000; Boyd et al., 1988; Boyd et al., 1990 y Chaffaux et al., 1982).

En 1984, se comenzó a utilizar en yeguas y más tarde en vacas, utilizando en ambas la vía transrectal, como una herramienta importante en el manejo, diagnóstico y tratamiento de los procesos reproductivos (Pierson y Ginther, 1984). Luego, gracias al desarrollo de su tecnología, se fue popularizando su uso en estas especies, así como en cerdas, ovejas y cabras, siendo hoy un elemento diagnóstico de gran ayuda en muchos animales domésticos y el sexado fetal. Igualmente, es una técnica muy útil en investigación en el área de reproducción animal (Kassam et al., 1987; Taverne y Willemse, 1989; Reinders y Van Giessen, 1993 y Ballenda, 2003).

El modo M permite explorar los movimientos de los tejidos, en especial el corazón en ecocardiografía, mediante la creación de una imagen unidimensional representada en un eje vertical respecto al tiempo en el eje horizontal. La ecografía Doppler es una técnica adecuada en la evaluación ultrasonográfica de las enfermedades del sistema musculoesquelético. El principio básico de la ecografía Doppler radica en la

observación de cómo la frecuencia de un haz ultrasónico se altera cuando en su paso se encuentra con un objeto en movimiento. Para la ecografía Doppler el registro de la señal ecográfica se puede hacer por medio de la emisión de sonidos o un sistema dúplex (pantalla bidimensional y a tiempo real).

Algunos equipos actuales poseen un software especial para realizar cálculos y conversiones (como en los utilizados en la medición de canales cárnicas) y otros anexos como impresoras, cámaras fotográficas o dispositivos de video. También existe la posibilidad de analizar el contraste de los tejidos por medio de la ecografía con flujo de color (Goddard, 2000).

Interacción de los ultrasonidos con los tejidos orgánicos: Los tejidos orgánicos representan un medio complejo y las ondas de ultrasonidos (US) sufren una serie de modificaciones, que conducen a la atenuación del sonido. La generación de imágenes por ultrasonidos depende de la intensidad de los ecos que vuelven a la sonda. A medida que los ultrasonidos profundizan en los tejidos se reduce su intensidad, esto se denomina atenuación.

Esta atenuación se produce a razón de 1 dB/cm/MHz (de lo cual deducimos que cuanto mayor sea la frecuencia, [más MHz], mayor será la atenuación, lo que limita la profundidad de penetración de los US). Existen cuatro causas principales de atenuación: reflexión, refracción, dispersión y absorción.

Reflexión: Se denomina impedancia acústica a la resistencia que ofrece un tejido al paso de los US. Esta resistencia viene determinada por la densidad de ese tejido. La reflexión de las ondas ultrasónicas se produce cuando éstas pasan de un tejido determinado a otro de diferente densidad. La superficie de contacto entre ambos se denomina interfase acústica. La diferencia de densidad que existe entre los tejidos a cada lado de la interfase determina la cantidad de ondas que son reflejadas. Generalmente, los ecos que ofrecen más información se producen en interfases de escasa diferencia de densidad (1% o menos). Pero existen interfases en las que la diferencia es tan grande que bloquean el paso de los US, como ocurre con el gas y el hueso.

Refracción: Cambio de dirección de las ondas ultrasónicas. Estas ondas se pierden al no volver al transductor, lo que contribuye a la atenuación.

Dispersión: Reflexión de ecos en múltiples direcciones cuando los US chocan con una superficie pequeña e irregular.

Absorción: Cuando la emisión de la onda es intermitente, es decir que porta una cantidad acotada de energía, la propagación de la oscilación tendrá un alcance limitado por ésta, es decir se comportará como una oscilación amortiguada, lo que en otras palabras significa que la oscilación perderá amplitud a medida que la onda progresa. Este fenómeno se denomina absorción. En relación con la atenuación es importante conocer el concepto de Tiempo de Compensación de Ganancia (TGC o Time Gain Compensation): Se trata de la capacidad del ecógrafo de compensar la atenuación amplificando los ecos procedentes de interfases lejanas, para poder obtener así imágenes homogéneas. Esto resulta de importancia a la hora de valorar órganos voluminosos, como puede ser el hígado.

Impedancia acústica: Es el producto de la velocidad del sonido en una sustancia y la densidad de la misma (Goddard, 2000). La diferencia en la impedancia acústica de los diferentes tejidos fija la cantidad de ondas que se reflejan y la fuerza con que son captadas de regreso o sea la intensidad de brillo de los puntos de la imagen ecográfica.

Efecto piezoeléctrico: La piezoelectricidad es la propiedad que tienen algunos cuerpos o materiales de presentar cargas eléctricas en su superficie producidas por compresiones y dilataciones mecánicas, cuando se aplica una presión.

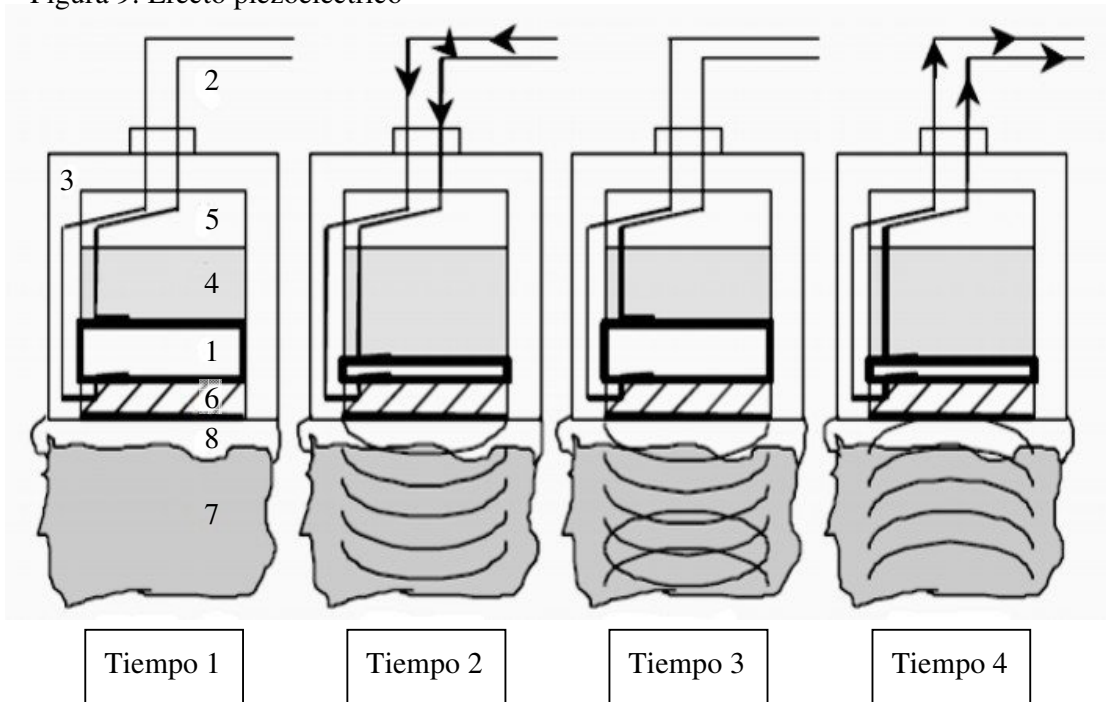
Es un efecto reversible ya que el cristal se comprime y dilata con la frecuencia con que se invierten los polos.

A todos los cristales no se les aplica el voltaje al mismo tiempo sino por segmentos lineales, para mejorar la calidad de la onda (Kahn, 1990 y Goddard, 2000).

Las ondas ultrasónicas, al regresar de su paso por los tejidos, chocan con la cara anterior de los cristales y de nuevo los deforman, transformando ésta energía mecánica en una

señal eléctrica (voltaje) proporcional a la intensidad (o fuerza) del eco reflejado (Goddard, 2000).

Figura 9: Efecto piezoeléctrico



1) Cristal, 2) Conexión eléctrica, 3) Carcasa, 4) Material amortiguante, 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 (Adaptado de Ginther, 1995).

El ultrasonido es emitido por el transductor de las siguientes formas:

1. Para diagnósticos en modo B se utiliza un sistema de ecos pulsados, donde se emite un pulso con 5-6 ciclos de ondas en menos de un microsegundo y sus reflexiones se reciben antes de que se emita el siguiente pulso, lo cual permite interpretar las señales en imágenes.
2. Para ecografía doppler pulsada se utilizan 50-20 ciclos por 2 microsegundos, aunque existen sistemas doppler y terapéuticos de emisión continuada.
3. Para ecografía terapéutica la duración del pulso es alrededor de 0,2 milisegundos hasta el tiempo de inactividad. La frecuencia de emisión del pulso se rige por la

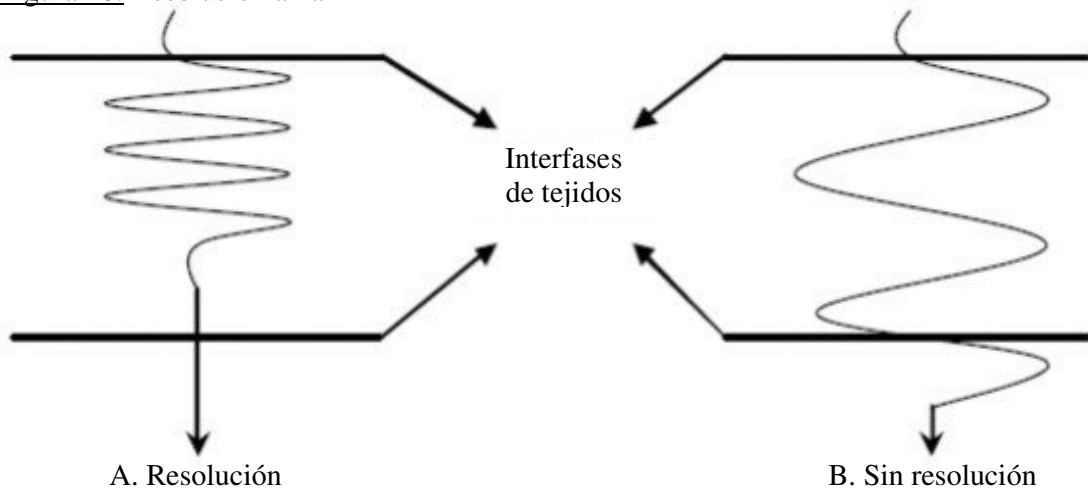
velocidad del ultrasonido en el tejido (aproximadamente 1.400 m/s-1; equivalente a 6,5 microsegundos/cm-1) y por el tiempo total que necesita para recorrer la distancia de ida y regreso.

4. Para ecografía en tiempo real se utiliza frecuencias hasta de 2000 Hz con pulsos de alta calidad y de frecuencia uniforme (Goddard, 2000).

Resolución axial: Capacidad del sistema para diferenciar dos estructuras a lo largo de la longitud de la onda. Mejora en pulsos de corta duración. El número de ciclos por pulso los fija el fabricante, por lo tanto, para mejorarla se aumenta la frecuencia.

Puede ser expresada en unidades de distancia o tiempo, estando ambas medidas relacionadas por la velocidad del sonido en el medio. Son varios los factores que afectan a la resolución de un sistema pulso-eco, siendo algunos de ellos la forma del pulso emitido, la relación (S/R) y la función de difracción.

Figura 10: Resolución axial



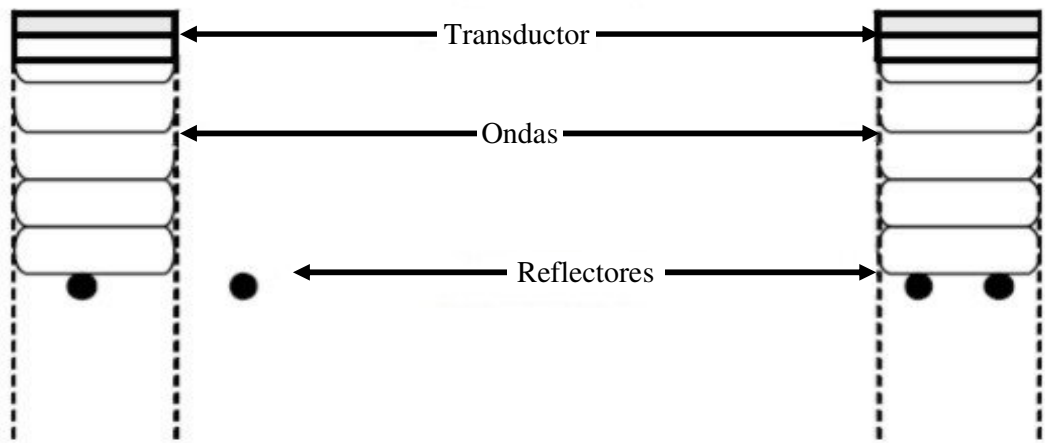
A: Pulso corto, transductor de alta frecuencia. B: Pulso largo, transductor de baja frecuencia (Adaptado de Ginther, 1995).

Resolución lateral: Capacidad para diferenciar dos estructuras situadas de manera perpendicular. Está relacionada con el tamaño de los cristales del transductor y con la frecuencia de emisión. Mejora cuando aumenta la frecuencia pero se reduce la ganancia.

La ecualización del sistema constituye una opción válida de diseño para conseguir una mejora en la resolución tanto axial como lateral. Se logra una mayor resolución lateral,

ya que se emiten ondas de frecuencias más elevadas. Sin embargo, hay que recordar que hay una pérdida en la sensibilidad en emisión, la cual depende del ancho de banda del transductor utilizado.

Figura 11: Resolución Lateral



A. Resolución

B. Sin resolución

A: Los reflectores están a una longitud mayor que el espesor del cristal. B: Los reflectores están a una longitud menor que el espesor del cristal (Adaptado de Ginther, 1995).

Mecanismo de histéresis: Las ondas ultrasónicas son absorbidas por algunos tejidos. Las fuerzas de compresión y relajación de la onda no se transmiten con una eficiencia total debido a los efectos de fricción con los tejidos y por lo tanto, la onda se desfasa. Este desfase ocurre entre los dos fenómenos que deberían darse al mismo tiempo: el eco de la onda y su interpretación como imagen.

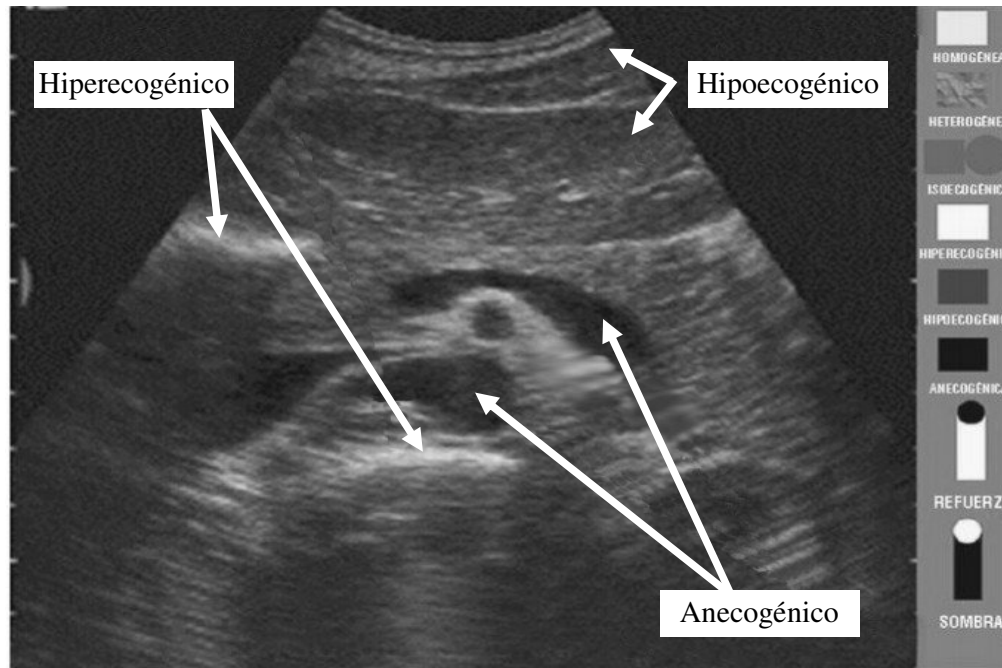
Atenuación geométrica: Cuando la onda se propaga más allá de su longitud focal, se produce divergencia de la onda, perdiéndose intensidad.

La señal reflejada es interpretada por el aparato como variaciones en el registro de brillos en el tubo de rayos catódicos en un sistema modo B, o como la variación en la amplitud del eje X de un osciloscopio en el modo A. En algunos sistemas Doppler hay una salidas de audiofrecuencia (Goddard, 2000).

En el sistema de modo B esos puntos serán tanto más brillantes cuanto mayor sea la reflexión por parte del tejido, y así, cada tejido tiene su estructura más o menos ecogénica, denominándose hiper, hipo o anecogénica, según la cantidad de ecos que

reflejan. Estos se presentan en puntos en una escala de grises, desde el negro (anecogénico) como los líquidos limpios y gases, hasta el blanco (hiperecogénico) como la estructura compacta de los huesos que refleja todos los ecos y pueden dar imágenes “en espejo” y otros “artefactos” –imágenes que no son reales– (Ballenda, 2003).

Figura 12: Lenguaje ecográfico



(Adaptado de Segura et al., 2014)

La imagen percibida en realidad es la fijación de varias imágenes por segundo, generalmente 60 o menos por segundo. La fuerza de la onda reflejada depende de las diferencias en impedancia acústica de los tejidos, el ángulo de penetración y la distancia recorrida. Si la onda atravesara una estructura homogénea, no habría reflexión, pero, como ocurre en el hígado (que es un órgano relativamente homogéneo), existen pequeñas estructuras internas (canalículos biliares, sinusoides, etc.) que producen una imagen con un brillo semi-intenso de sus serosas y pequeñas áreas anecogénicas por sus espacios intraluminales, lo que permite identificar y diferenciar al órgano (Ballenda, 2003).

Los tejidos que poseen impedancia acústica similar son difíciles de diferenciar en una interfase, las superficies serosas proporcionan, a menudo, fuertes líneas de demarcación

brillantes. Estas superficies normales y acústicamente reflectantes de las ondas de ultrasonidos se denominan “reflectores especulares”.

Con respecto al ángulo de penetración de la onda frente a un tejido, mientras más desviado, menos proporción de la misma será reflejada hacia el transductor (Goddard, 2000).

Tipos de ecógrafos, transductores o sondas:

Dentro de los ecógrafos disponibles en veterinaria los hay más portátiles y más pesados, que funcionan a la red eléctrica solamente o también a baterías. Generalmente los más portátiles tienen menor resolución que los más pesados.

Para ecografiar bovinos de forma rutinaria y sistemática, es importante disponer de un aparato a baterías ligero, que pueda ser portado por el propio veterinario con libertad de movimientos y sin carro transportador. Si se va a utilizar para sexaje o en casos puntuales, un ecógrafo de más tamaño pero con mejor resolución sería más conveniente. Cuando la ecografía se realiza en lugares al exterior que permite la presencia de la luminosidad solar se hace difícil interpretar las imágenes, por lo que es importante dadas las condiciones en las que se trabaja en el ganado vacuno, disponer de un sistema que proteja la pantalla de dicha luz solar (Rupérez, R., 2004)

La parte más importante de un aparato ecográfico, es la sonda o transductor. Es la parte más cara, porque es la que genera los ultrasonidos. Es también la parte más delicada, ya que cualquier pequeño golpe o rotura, puede provocar que la imagen pierda calidad, nitidez, etc. y nos complique mucho el diagnóstico. Hay varios tipos de sondas.

Las sondas tienen un recubrimiento lacrado para prevenir la entrada de humedad y evitar accidentes de tipo eléctrico (Goddard, 2000). Son rígidas, y por lo tanto, no se acomodan a la forma del animal, por lo que en algunas aplicaciones se utilizan almohadillas (guías súper-blandas o stand-off), las cuales ayudan a la acústica y están disponibles en diferentes tamaños, tipos de transductores y especie animal (Perkins, 2000).

El aire y la grasa superficial dificultan la transmisión de los ultrasonidos, por eso es necesario eliminar los pelos de la piel y desengrasar con alcohol etílico en el sitio que va a recorrer el transductor, además, es necesario utilizar un agente de acoplamiento que actúe como puente entre el transductor y el paciente, generalmente sustancias gelatinosas. Este gel debe de tener una impedancia acústica adecuada para reducir los artefactos de contacto y estar exentos de materiales capaces de dañar o irritar al paciente durante la exposición, incluso, pueden contener agentes antimicrobianos (Kahn y Leidl, 1989).

Figura 13: Gel transductor



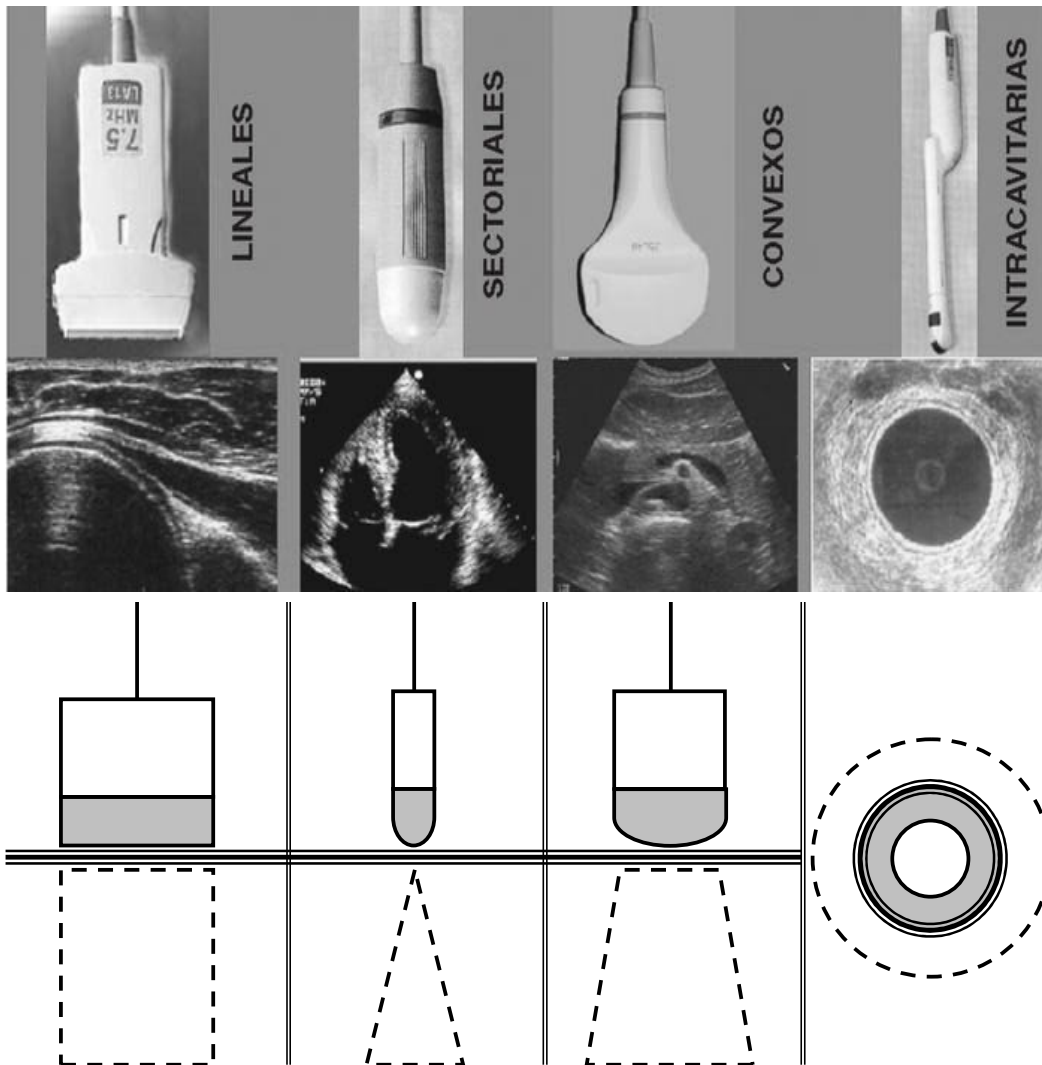
Su composición es básicamente agua (Adaptado de Carracedo, P., 2012)

Dentro de los transductores que se utilizan en medicina veterinaria se encuentran los de 3.5, de 5 y de 7.5 MHz. Para el examen de cuerpos lúteos, folículos y embriones por ejemplo, es conveniente utilizar los de 7.5 MHz, ya que la profundidad de penetración es aproximadamente de 5 cm. Por lo tanto, la elección de los transductores está relacionada con el tipo de examen que se desee adelantar porque ellos tienen diferentes profundidades de penetración. Los transductores de 5 y 3.5 MHz penetran 10 y 15 cm respectivamente.

Los transductores lineales presentan cristales piezoeléctricos en línea que emiten haces paralelos de US, por lo que se obtiene una imagen rectangular. Presentan la ventaja de ofrecer una imagen amplia del campo cercano, pero poseen la importante desventaja de

necesitar un gran área de contacto. Una variante del transductor lineal es el convexo, que presenta también cristales en línea pero curvada, siendo la superficie de contacto convexa, por lo que es mucho más sencilla de acoplar sobre la superficie del animal. También se encuentran los intracavitarios, que pueden ser lineales o convexos, se usan para exploraciones intrarrectales o intravaginales. Las frecuencias de trabajo suelen ser de entre 5 y 7,5 MHz. Se debe tener en cuenta que a mayor frecuencia mejor imagen pero menor penetración. También existen equipos ultrasonográficos en donde se pueden combinar los distintos transductores mediante la utilización de comandos específicos en el teclado del módulo (Kahn y Leidl, 1989).

Figura 14: Tipos de transductores



(Modificado: Díaz et al., 2007)

Seguridad y cuidados de manejo:

Se cree que la exposición a los ultrasonidos no genera ningún tipo de daño conocido en los tejidos vivos, sin embargo, lo ideal es exponer al paciente el menor tiempo posible. Hay que tener en cuenta que se debe ser hábil con el manejo del equipo y conocer muy bien la anatomía del paciente para realizar un diagnóstico apropiado y de forma rápida. Los ultrasonidos pueden producir calor en los tejidos y esto se aplica en terapéutica para resolver problemas de tipo músculo esquelético generalmente, sin embargo, esta propiedad de generar calor puede ser potencialmente peligrosa para el organismo. El grado de calentamiento depende de la intensidad y duración de la aplicación. Los tejidos de pobre riego sanguíneo, y los huesos por su alta atenuación de las ondas, tienden a calentarse, sin embargo, intentan equilibrar su temperatura manteniendo su homeóstasis. Puede ocurrir cavitación en los tejidos expuestos cuando burbujas de gas se expanden y contraen por la rápida difusión de gas desde estructuras de los alrededores. Cuando las imágenes se estudian congeladas, es importante alejar la sonda del paciente y del técnico (Goddard, 2000).

La seguridad eléctrica del equipo es responsabilidad del fabricante. Sin embargo, es necesario revisar rutinariamente las conexiones eléctricas y el estado de los cables buscando zonas desgastadas o agrietadas. Se deben realizar todas las conexiones con el equipo apagado, incluso cuando se desee cambiar un transductor (Ballenda, 2003).

A veces, en la práctica veterinaria es necesario desplazarse con el equipo a sitios donde el acceso a energía es difícil, lo que hay que evitar al utilizar extensiones de cables con conexiones inapropiadas que puedan entrar en contacto con la humedad, y con las irregularidades en el flujo de corriente. La mayoría de los aparatos van dotados de un polo a tierra suplementario (Goddard, 2000).

En el caso de los estudios transrectales, se recomienda proteger la sonda con un guante descartable largo, como los de palpación rectal, previa aplicación de gel sobre la zona de los cristales (Giraldo, 2003).

Si bien el transductor transrectal está diseñado para utilizarse sin protección alguna, se recomienda esta precaución, en virtud de una mejor preservación de la parte más

delicada del equipo, y como forma de no “contaminar” el transductor, y poder así vehiculizar algún microorganismo a otras prácticas de trabajo (Ballenda, 2003).

Durante la tarea, es muy común que se ensucie el aparato, y al finalizar, se debe limpiar con un trapo o paño limpio y húmedo, y sólo se debe lavar con agua la sonda desde el transductor hasta el remoto. Por todo esto cabe recalcar la no utilización de ningún tipo de desinfectantes ni detergentes ni otros químicos limpiadores.

Es recomendable aplicar siliconas periódicamente sobre el equipo, ya que evitan que el polvo y la suciedad se adhieran a la carcasa, siendo muy fácil de limpiar posteriormente. Igualmente, se sugiere que una o dos veces al año, sea revisado por los técnicos de la empresa manufacturadora, para una limpieza completa de todo el interior (Ballenda, 2003).

D) Ultrasonografía del tracto reproductivo el toro (estructuras normales y patológicas):

Está indicada para determinar exactamente el tamaño testicular, identificación de masas intratesticulares, evaluación de líquidos intraescrotales, epidídimo y cordón espermático. La utilización de ultrasonografía rectal permite examinar las glándulas genitales accesorias y el abdomen en busca de testículos intra-abdominales. Se realiza el estudio preferentemente luego de la toma de muestra seminal, momento en que el macho está dócil (Brejov, G. et al., 2013).

Una investigación efectuada en 15 animales acerca de los efectos del estudio sobre la capacidad reproductiva del toro (característica del semen, consistencia testicular y dimensiones) después de ser expuesto a 3 minutos de escaneo con un transductor de 5 MHz, evidenció que no se produjeron daños celulares (Griffing y Ginther, 1992).

Las imágenes ultrasónicas transcutáneas han sido utilizadas para caracterizar la morfología ecográfica de los testículos del verraco (Bergfelt y Bo, 1995), del chivo (Eilts y Pechman, 1988) y del toro (Cartee et al., 1986). La medición ultrasonográfica testicular fue correlacionada con la circunferencia testicular, peso y volumen, pero no con la circunferencia escrotal ni con la producción diaria de esperma.

Resulta imposible lograr un criterio de salud definitivo o de certeza del aparato genital masculino a través de la palpación pues existe una limitante para aquellas estructuras que por su tamaño reducido o su localización no son palpables (Cartee et al., 1986 y González y Herrera, 1992).

En la industria ganadera, hoy en día se está poniendo más hincapié en el toro como nueva estrategia futura.

Si tenemos en cuenta el enorme valor de los toros para inseminación artificial industrial en términos de mejoramiento genético y de dinero, la proporción macho/hembra para producción de carne, y la inquietante reintroducción de toros en los tambos, es indispensable a considerar el mantenimiento óptimo de la fertilidad del toro como un factor clave en el éxito de toda industria ganadera. Normalmente, la fertilidad del toro es el último factor a considerar cuando una disminución en el rendimiento reproductivo se mide en un rebaño. La evaluación del buen estado de reproducción (EEB) del toro, raramente se realiza antes ni después de un ciclo de cría. Existen centros de inseminación artificial que raramente examinan ecográficamente a los toros antes y después de la pubertad.

La evaluación del buen estado de reproducción es un método clínico fiable y eficaz para diferenciar los toros con un potencial de fertilidad alta de aquellos que son claramente insatisfactorios. Esto permite la detección de los reproductores potencialmente ineficientes antes de ser enviados a las pasturas con las vacas, o antes de la explotación comercial de su semen. La rutina de la EEB se basa principalmente en las características seminales (calidad del semen), circunferencia escrotal, y la palpación testicular manual; sin embargo, otras técnicas son a menudo necesarias para lograr un diagnóstico específico. Como método complementario la técnica de ecografía o ultrasonografía no es invasiva y no implica riesgo alguno para el potencial reproductivo del toro. Esta técnica permite caracterizar aún más patologías del tracto reproductivo masculino mediante la especificación de la localización y la naturaleza de los cambios tisulares asociados con anomalías, que ayudan en la determinación del pronóstico.

La ultrasonografía, tanto si se utiliza de forma rutinaria o como una técnica complementaria, siempre debe estar precedida, al menos, por un EEB parcial. La

alteración morfológica de un órgano reproductivo (testículos, epidídimo, plexo pampiniforme, vesículas seminales, próstata, conductos deferentes, o glándulas bulbouretrales) y la presencia de dolor inexplicable también requieren de una mayor investigación. El diagnóstico precoz y preciso de una anomalía disminuye las consecuencias negativas sobre la fertilidad futura del toro y las posibles pérdidas económicas.

Equipo:

Los equipos ultrasonográficos utilizados en bovino son conocidos como scanners de modo B y tiempo completo con transductores lineales o sectoriales de 3,5 , 5,0 o 7,5 MHz. Modo B indica la modalidad de brillo en el que la imagen es un corte bidimensional del órgano que se analiza. Por su parte, tiempo completo expresa que los impulsos se transmiten sucesivamente para conformar una visión instantánea de los tejidos examinados.

Los ecógrafos sectoriales trabajan con transductor sectorial y producen una imagen tipo pirámide. Los lineales funcionan con transductores lineales conformando imágenes de tipo rectangular. Los transductores lineales son usados más frecuentemente en reproducción bovina, ya que el recto tiene una amplia superficie plana. La ventaja de los transductores de sector es que necesitan una pequeña superficie de contacto.

En la actualidad los ecógrafos emplean transductores convexos que son de frecuente aplicación en la tecnología de aspiración folicular y obtención de ovocitos para la fertilización in vitro.

Las sondas lineales tienen más superficie de contacto, las hay externas y transrectales.

El transductor sectorial no es la mejor opción para el estudio de testículos debido a su forma redondeada. En cuanto a la unidad ecográfica, es importante elegir el transductor más adecuado porque determina la penetración de las ondas de sonido en el tejido, así como la resolución de la imagen.

Técnicas:

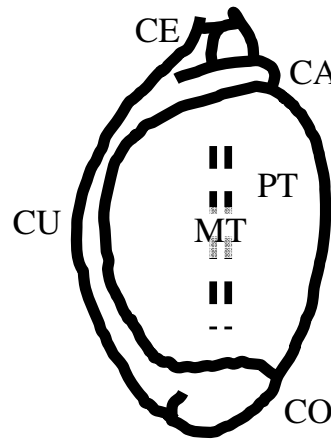
El examen externo:

El toro debe ser sujetado adecuadamente para garantizar un examen seguro. La sedación ligera (xilazina 0.01 a 0.02 mg/kg por vía intravenosa) puede ser necesaria para toros agresivos y/o con ansiedad.

Una evaluación visual del toro y su escroto se realiza mientras el animal está relajado acercándose a ella por detrás, utilizando las mismas precauciones en cuanto a los exámenes transrectales. Los toros se evalúan en cada control por medio de una inspección general a corral y luego una inspección en particular y palpación en el cepo, desde posterior examinando: escroto, testículos, epidídimos, cordones espermáticos y linfonódulos escrotales (Monina et al., 2003).

Figura 15: Esquema de las estructuras anatómicas testiculares y anexos que son observadas por ultrasonido

- CE: Cordón espermático
- CA: Cabeza del epidídimo
- CU: Cuerpo del epidídimo
- CO: Cola del epidídimo
- PT: Parénquima testicular
- MT: Mediastino Testicular



(Monina et al., 2003)

Desde el enfoque posterior, el transductor se aplica directamente a la superficie de los testículos con un movimiento delicado, lento y continuo. Para generar buenas imágenes, se necesita utilizar suficiente cantidad de gel ecográfico de alta calidad. El contacto entre la sonda y la piel se puede mejorar humectando la misma con agua tibia (de 35 a 40 °C). Se realizan 5 cortes diferentes a efectos de poder estudiar correctamente todas las estructuras involucradas. Como ser: Corte transversal oblicuo, Corte transversal bitesticular, Corte transversal modificado, Corte longitudinal modificado y Corte sagital modificado (Monina et al., 2003).

Corte Transversal Oblicuo: El transductor se coloca en posición horizontal, de lateral, en proximal del testículo. Se observa una imagen ecográfica heterogénea que corresponde al plexo vascular pampiniforme que presenta un gran número de estructuras tubulares intrincadas, de aspecto hipocóico y anecoico (Imagen 1).

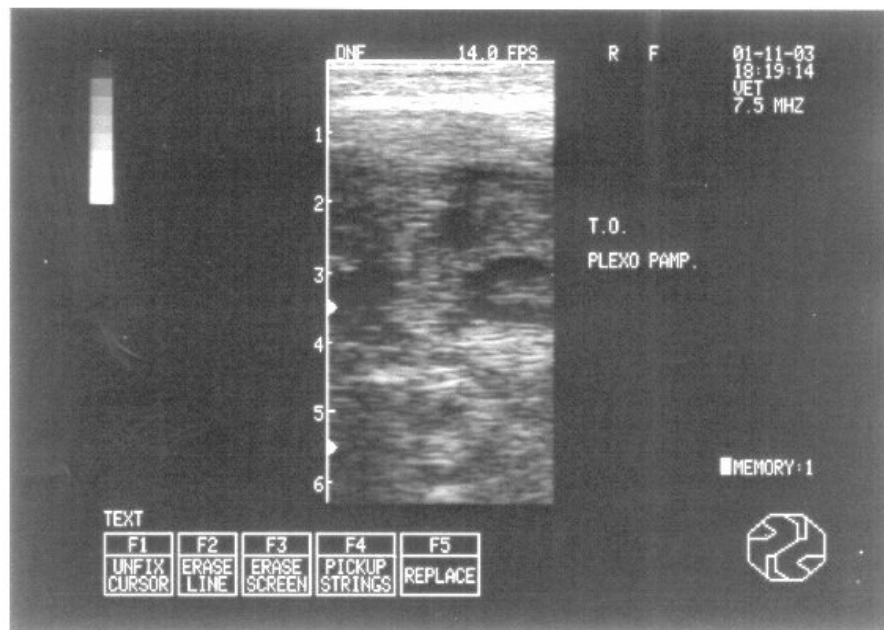
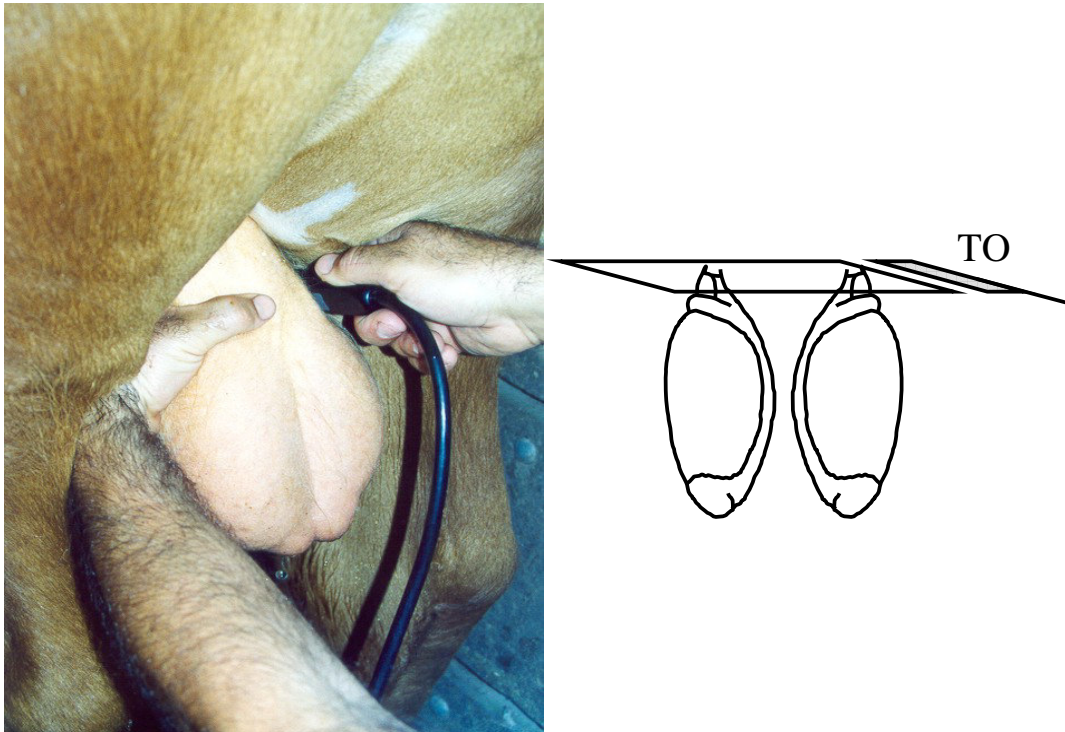


Imagen 1: Corte Transversal Oblicuo (Monina et al., 2003)

Corte Transversal Bitesticular: El transductor se ubica en posición horizontal, de lateral, coincidiendo con el lugar de mayor diámetro bitesticular. Se observan ambos testículos separados por el septo o tabique medio con estructura ultrasonográfica hiperecoica, el parénquima testicular muestra una imagen ecográfica homogénea con media reflexión, el mediastino testicular está ubicado en el centro de ambos testículos como una zona circular pequeña hiperecoica (Imagen 2).

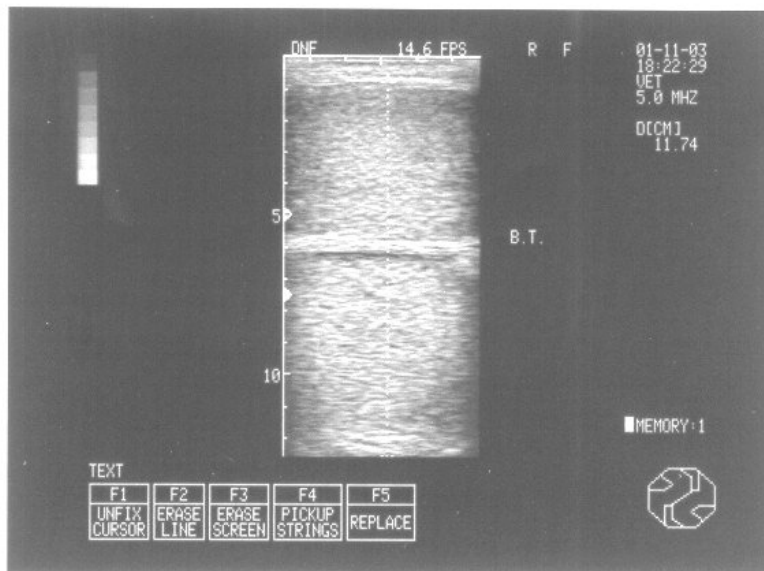
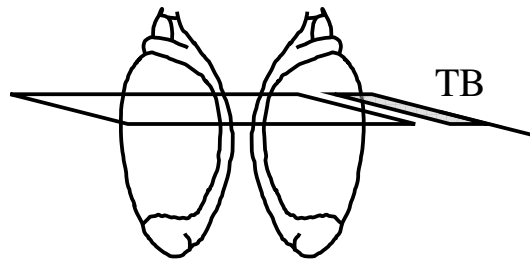


Imagen 2: Corte Transversal Bitesticular (Monina et al., 2003)

Corte Transversal Modificado: Este corte fue creado ya que la técnica utilizada en la bibliografía no permite evaluar la cola del epidídimo correctamente en el toro cepeado. El transductor se posiciona horizontalmente, disto – medial del testículo, a nivel de la cola del epidídimo. Se evalúa cada epidídimo en forma individual, desplazando hacia dorsal el otro testículo. En la imagen aparece la cola del epidídimo que comparada con el parénquima testicular es heterogéneo hipo – anecoico y de forma circular (Imagen 3).

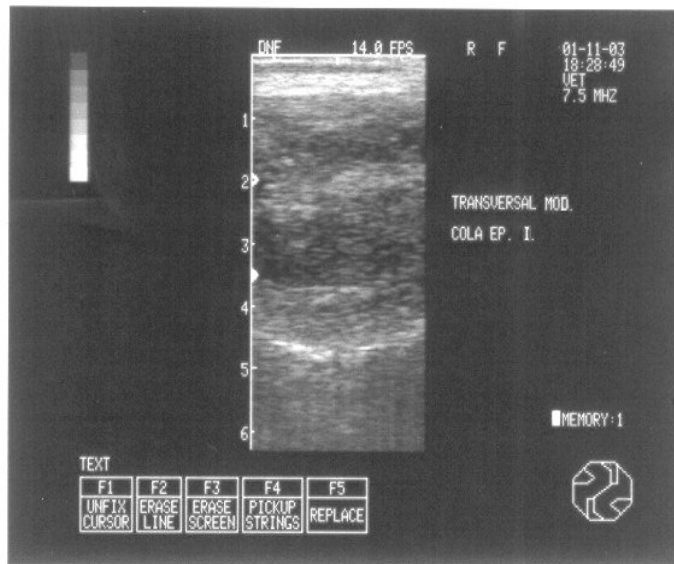
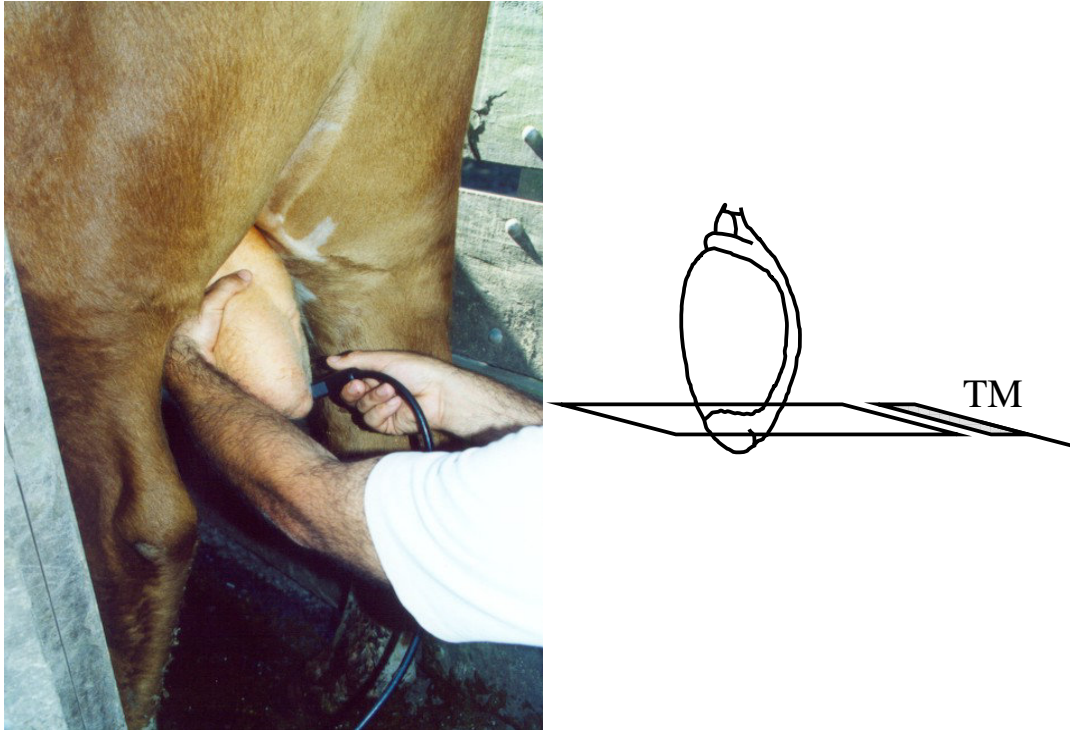


Imagen 3: Corte Transversal Modificado (Monina et al., 2003)

Corte Longitudinal Modificado: Este corte fue creado para abordar el cuerpo del epidídimo en forma longitudinal, encontrándose como la vía más práctica (en condiciones a campo) por la que puede identificarse y realizarse un seguimiento minucioso de su totalidad. El transductor se coloca en posición vertical, apoyado en la cara medial, sobre el cuerpo del epidídimo y conducto deferente. Se trabaja sobre un testículo por vez, el otro se desplaza hacia dorsal. La imagen ecográfica del parénquima testicular es similar a la obtenida en el corte bitesticular, el mediastino se observa como una estructura lineal hiperecoica. El cuerpo del epidídimo se presenta como una estructura tubular homogénea hipoecoica delimitada por márgenes hiperecoicos. El conducto deferente no es fácil de visualizar (Imagen 4).

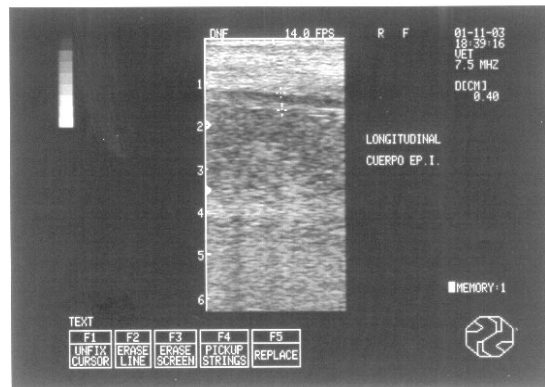
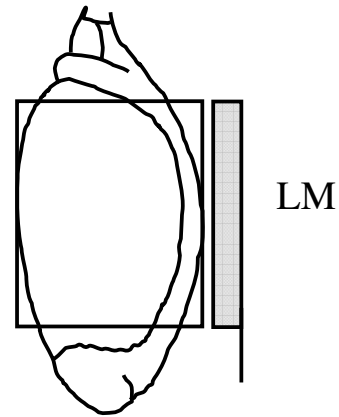
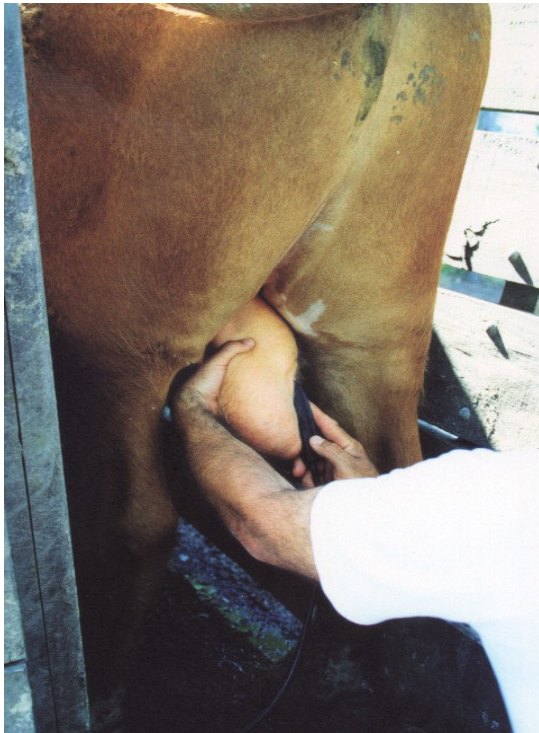


Imagen 4: Corte Longitudinal Modificado (Monina et al., 2003)

Corte Sagital Modificado: Este corte fue creado especialmente para poder abordar la cabeza del epidídimo correctamente. El transductor se ubica en el tercio proximal y sobre caudal del testículo, en posición de plano inclinado a 45° con el vértice del mismo hacia el tabique escrotal. La imagen ecográfica del parénquima testicular es similar a la del corte bitesticular. La cabeza del epidídimo se observa como una estructura homogénea hipoeoica delimitada por márgenes hiperecoicos de forma triangular (Imagen 5).

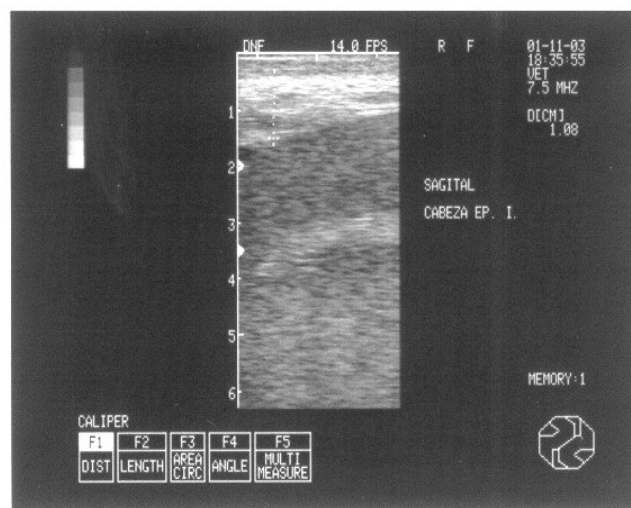
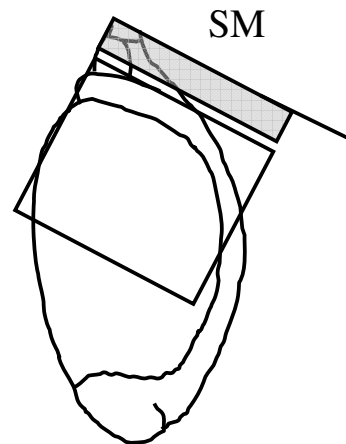


Imagen 5: Corte Sagital Modificado (Monina et al., 2003)

Estas proyecciones revelan lo siguiente (Imágenes 6, 7 y 8):

- Longitud y el grosor de las estructuras anatómicas.
- Calidad de parénquima (ecogenicidad y la estructura del tejido, la identificación de vasos sanguíneos).
- Características de la túnica testicular (espesor y la presencia de edema).
- Epidídimo (ecogenicidad y la estructura del tejido) (Imágenes 9 y 10).

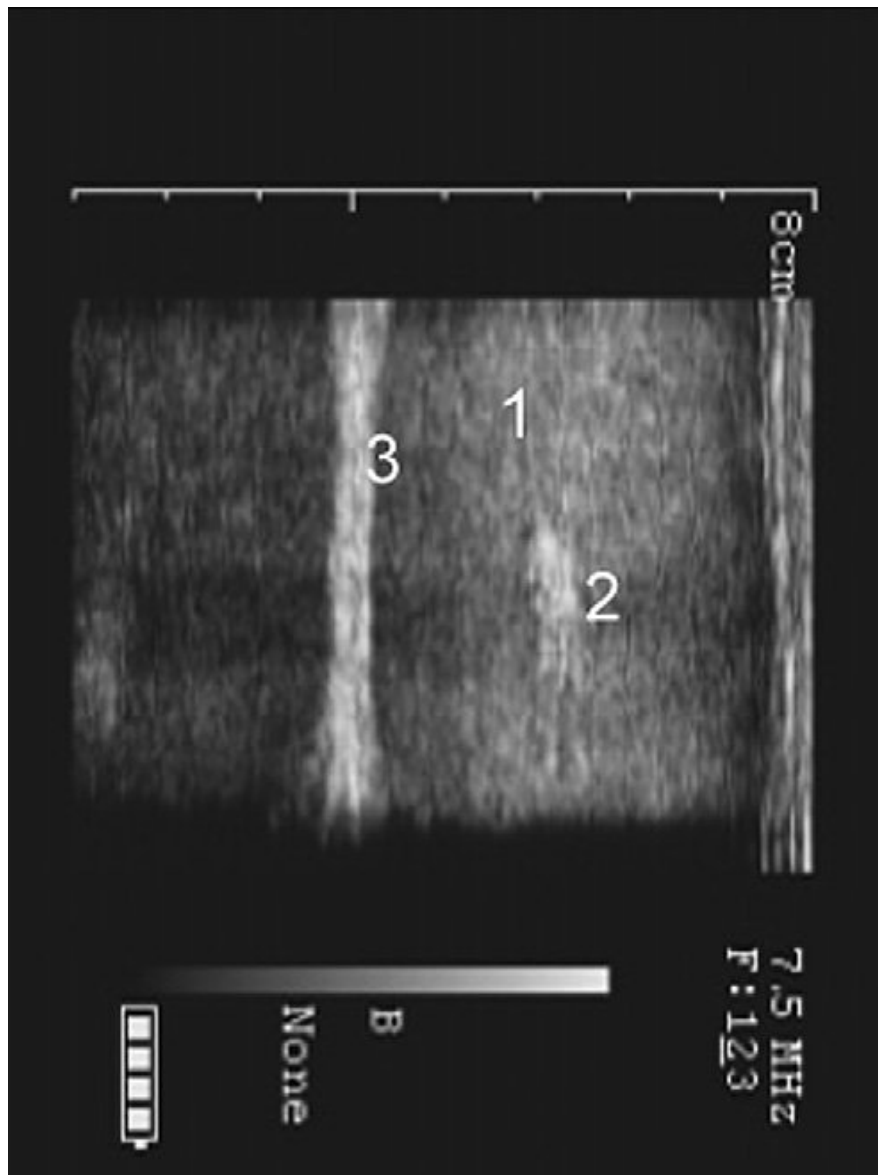


Imagen 6: Imagen ecográfica longitudinal de ambos testículos: 1. Parénquima testicular, 2. Mediastino testicular, 3. Tabique escrotal (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

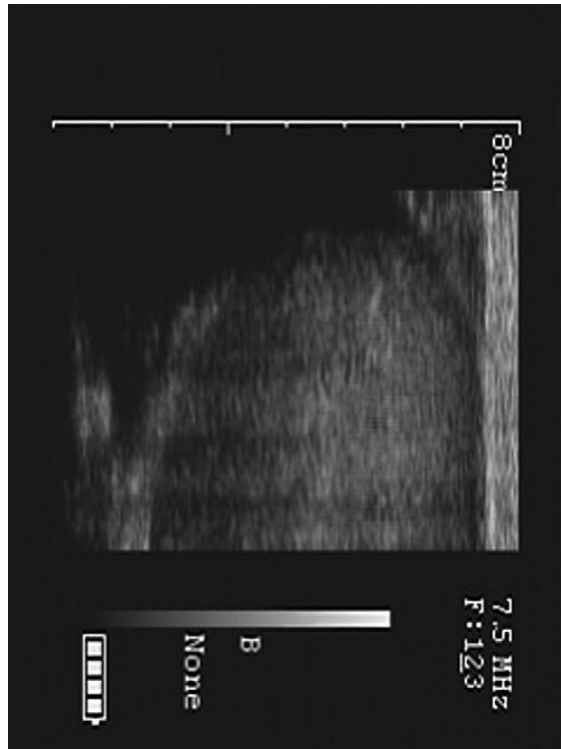


Imagen 7: Vista longitudinal del testículo: evaluación ecográfica. El parénquima testicular es normal. Aparece hipoeicoico, pero homogéneo. En el centro del parénquima, la rete testis es observado como una estructura ecoica y brillante (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

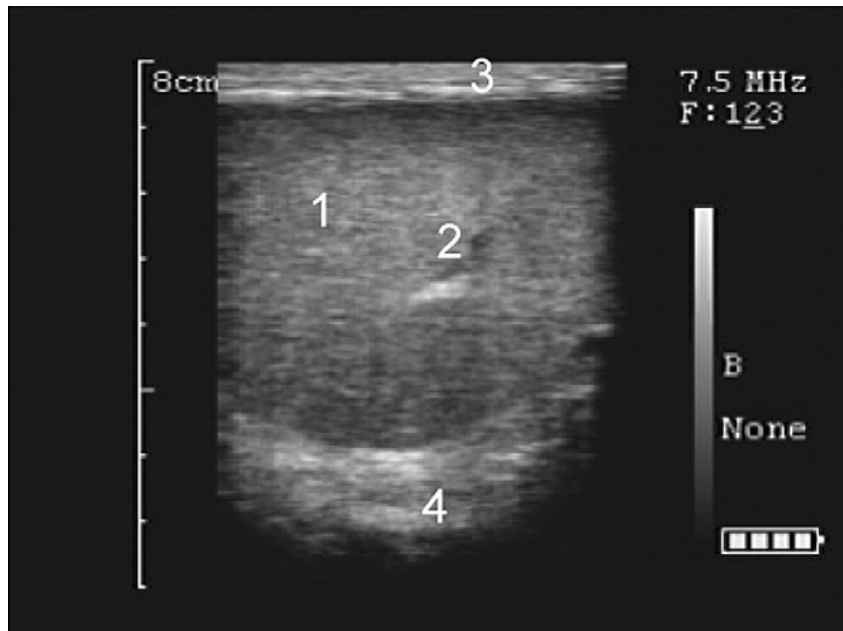


Imagen 8: Vista transversal del testículo: Imagen ecográfica. 1. Parénquima testicular, 2. Rete testis, 3. Septum escrotal, 4. Piel del escroto (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

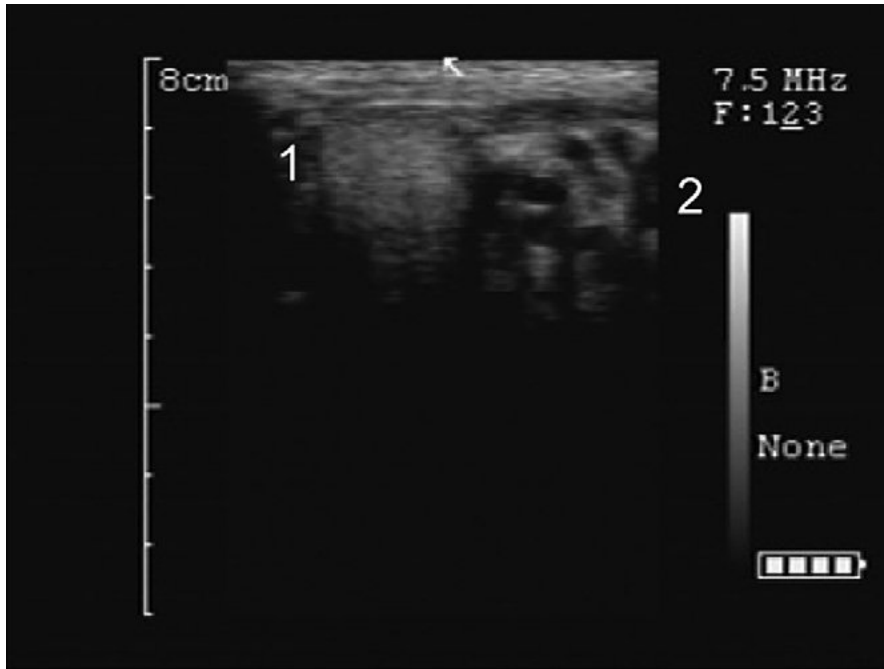


Imagen 9: Vista ultrasonográfica de la cabeza del epidídimo. 1: Cabeza del epidídimo. 2: Plexo pampiniforme (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

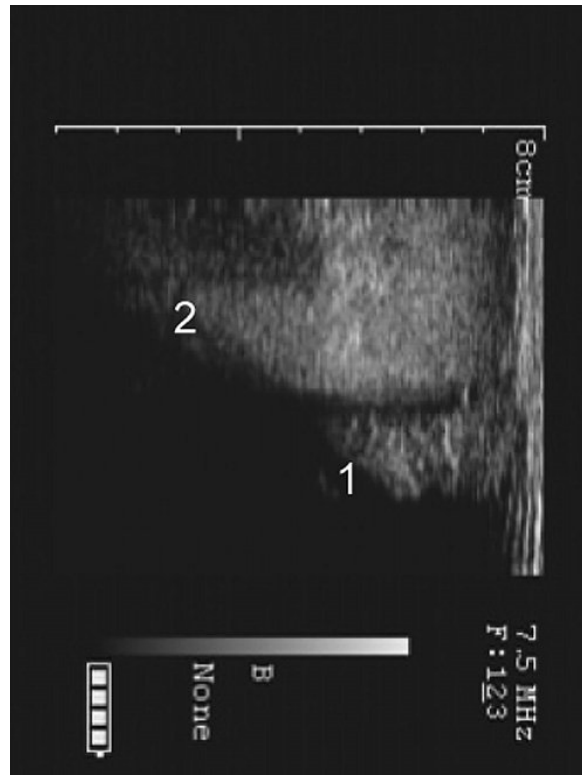


Imagen 10: Vista ultrasonográfica de la cola del epidídimo. 1: Cola del epidídimo. 2: Parénquima testicular (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

El examen ecográfico de los cordones espermáticos, en particular el del plexo pampiniforme, completa la evaluación del tracto genital externo. El extremo libre del pene puede ser visualizado durante la erección y es fácilmente palpado a través de la piel del prepucio. Caudalmente, la flexura sigmoidea también se puede palpar.

El examen interno:

Antes de la palpación transrectal, las heces deben retirarse del recto para facilitar la introducción del transductor y asegurar la correcta visualización de los órganos reproductivos internos. Antes de proceder al estudio ecográfico, debe realizarse un examen preliminar de la topografía, el tamaño y la consistencia de los órganos reproductores internos. Por razones de bioseguridad (enfermedad de Johne, virus de la leucosis bovina [BLV], diarrea viral bovina [BVD]), el transductor debe ser colocado en un manguito de plástico (tal como un manguito palpación rectal) que contiene gel. Alternativamente, el transductor debe limpiarse a fondo con una solución desinfectante adecuada entre animales. Se identifican y evalúan las vesículas seminales (Imagen 11), las ampollas (Imagen 12), la próstata (Imagen 13), las glándulas bulbouretrales (Imagen 14), y la pelvis uretral.

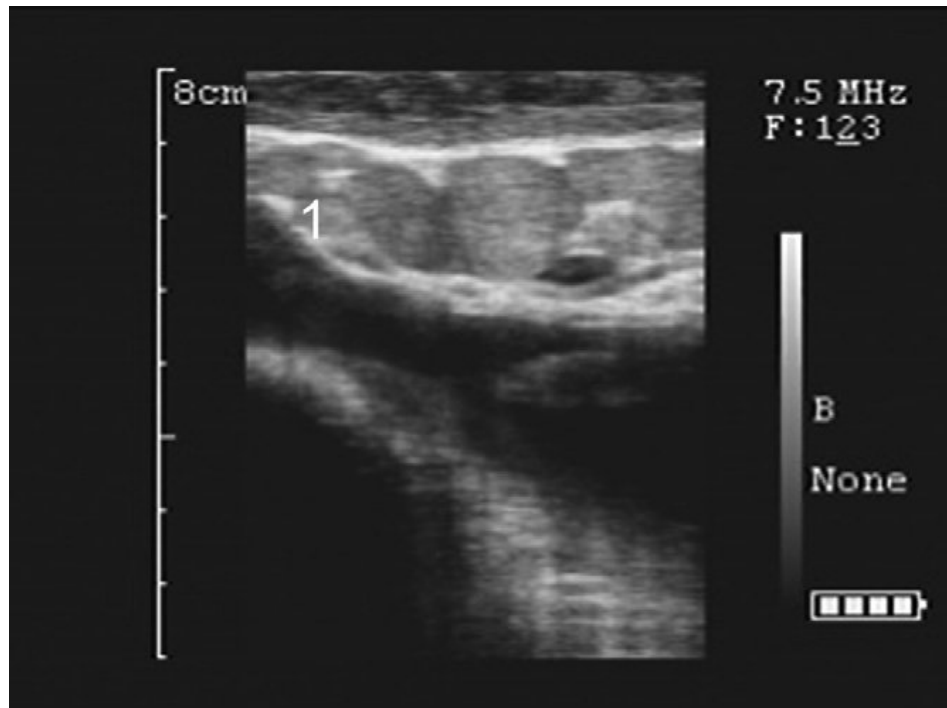


Imagen 11: Evaluación ultrasonográfica de la glándula vesicular: 1. Glándula vesicular (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

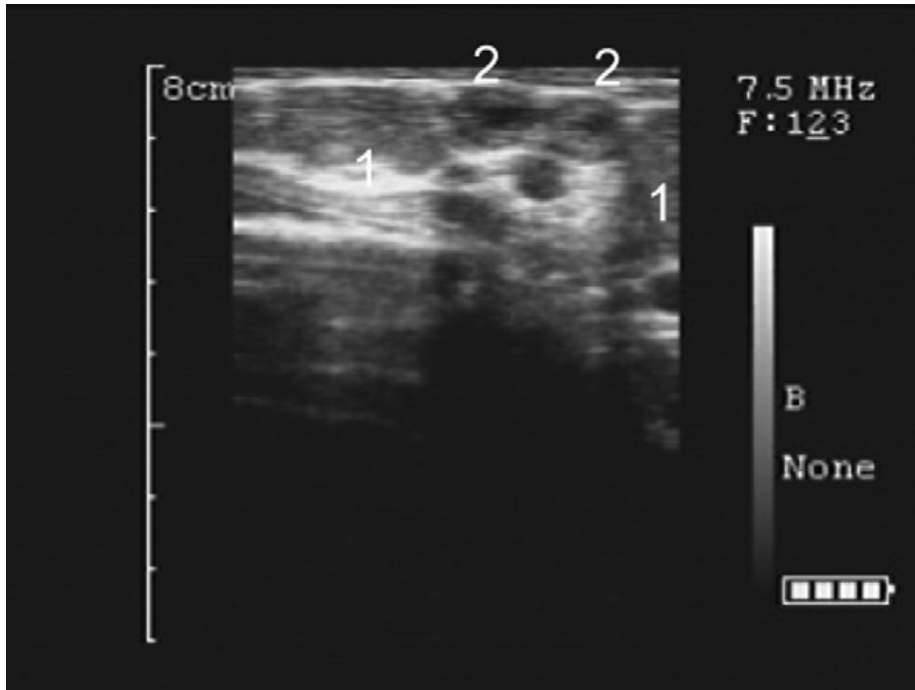


Imagen 12: Anatomía del aparato reproductor interno: La ampolla. 1. Glándula vesicular. 2. Ampolla (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

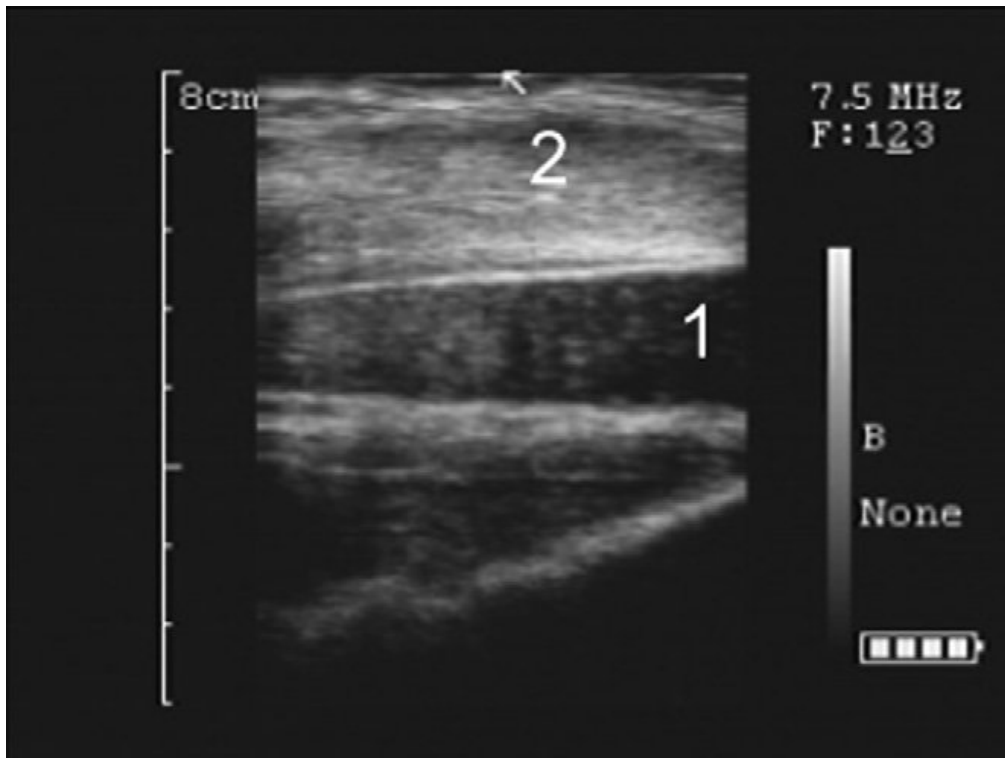


Imagen 13: Anatomía del aparato reproductor interno: Próstata y Músculo uretral. 1. Próstata diseminada. 2. Músculo uretral (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

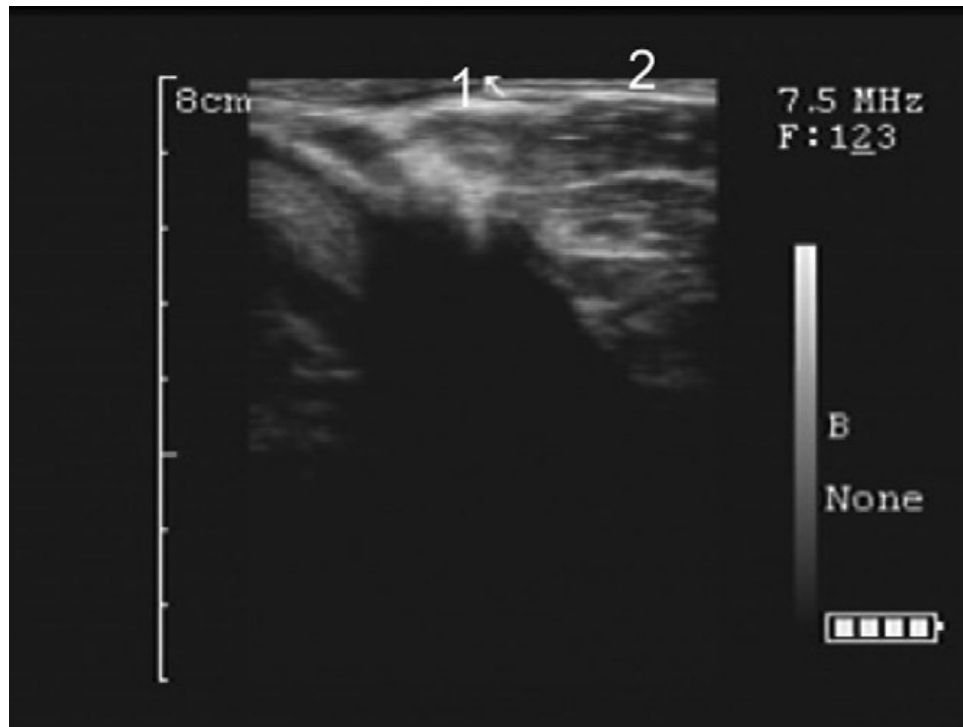


Imagen 14: Anatomía del aparato reproductor interno: Glándula bulbouretral y Músculo bulboesponjoso. 1. Glándula bulbouretral. 2. Músculo bulboesponjoso (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

Patologías del aparato reproductor externo:

Anomalías de los testículos:

La ecografía es utilizada como método diagnóstico para la identificación y localización de lesiones intraescrotales como quistes (Brunereau et al., 2000), y para diferenciar lesiones testiculares de paratesticulares. Se realiza con mínima contención e incomodidad para el animal y proporciona información muy sensible con una baja incidencia de falsos positivos, menor al 5% (Kaiper, 1989). Con la misma podemos determinar ubicación y naturaleza de las lesiones que detectamos mediante la palpación y aún aquellas que no fueron palpadas, durante el examen clínico. Las anomalías más frecuentemente reportadas son la orquitis, quiste testicular, degeneración testicular, hematoma, absceso testicular, hidrocele, hematocele, hipoplasia testicular y neoplasia.

Orquitis: es una rara patología unilateral del tejido testicular. Interesan las dolencias de la túnica vaginal y también las del testículo. La serosa vaginal y los diversos elementos

del cordón testicular se encuentran inflamados, infiltrados, edematosos y engrosados; las adherencias entre la serosa parietal y la visceral de la túnica vaginal disminuyen o anulan los movimientos del testículo. Este está hipertrofiado, la albugínea engrosada y congestionada, comprimiendo el tejido glandular, que puede ser parcial o totalmente destruido. El tejido intersticial hipertrofiado comprime los túbulos seminales en los cuales se detiene la función espermatogénica. La azoospermia es completa si la lesión es bilateral. Después de algún tiempo el testículo disminuye de volumen, se torna duro e insensible al dolor y pasa al estado crónico.

Aunque se afecta normalmente un solo testículo al comienzo de la enfermedad, la hipertemia local y sistémica resultante puede causar la degeneración del otro testículo. Los hallazgos ecográficos dependen de la etapa (aguda o crónica) de la enfermedad. En la etapa aguda la ecografía revela tejido testicular que ha perdido su apariencia homogénea. En la forma crónica el testículo aparece duro, pequeño (atrófico), la túnica albugínea está endurecida con movilidad reducida o anulada. El epidídimo atrofiado o hipertrofiado se diferencia poco del testículo. La azoospermia es completa y la esterilidad total. En los casos de orquitis crónica unilateral por brucelosis y tuberculosis la fertilidad puede ser algo normal. El peligro de que el macho infecte a las hembras es muy grande.

En la ultrasonografía la ecotextura testicular se observa más ecogénica (fibrosis) o con presencia de zonas hiperecoicas (mineralización) dispersas a lo largo de los testículos, con visualización de sombra acústica.

Quiste testicular: no es infrecuente poder observar lesiones quísticas en el interior del testículo, apreciando quistes parenquimatosos y quistes de albugínea hasta en un 10 y un 0,7% respectivamente. La ecografía es la técnica diagnóstica de elección para la identificación y la localización de las lesiones intraescrotales quísticas (intratesticulares o extratesticulares). Las lesiones quísticas en los testículos y epidídimos se han reportado en numerosas especies incluyendo la bovina (Matuszewska y Sysa, 2002). Aparecen como un área bien definida hipoecogénica o anecoica, que mide unos pocos milímetros a unos centímetros (1 – 2 cm) de diámetro. En muchos casos, estas estructuras quísticas no alteran la función testicular y/o la calidad del semen.

Degeneración testicular: es un proceso patológico que se caracteriza por alteraciones degenerativas y necróticas de las células seminales. El tejido testicular posee gran poder de regeneración. La lesión raramente es visible a simple vista, a menos que el trastorno exista desde algún tiempo. Es una condición adquirida que se caracteriza por la pérdida de la integridad testicular, conduciendo eventualmente a una disminución en el tamaño. Es una causa importante en la infertilidad en los toros y aumenta progresivamente con la edad. El diagnóstico se basa en la historia, la exploración escrotal, análisis de semen y la ecografía. En el estudio ultrasonográfico, el tejido testicular pierde su arquitectura y se convierte en hiperecoico (fibrosis) con el tiempo y se caracteriza por presencia de efectos que emiten sombra acústica (Imagen 15).

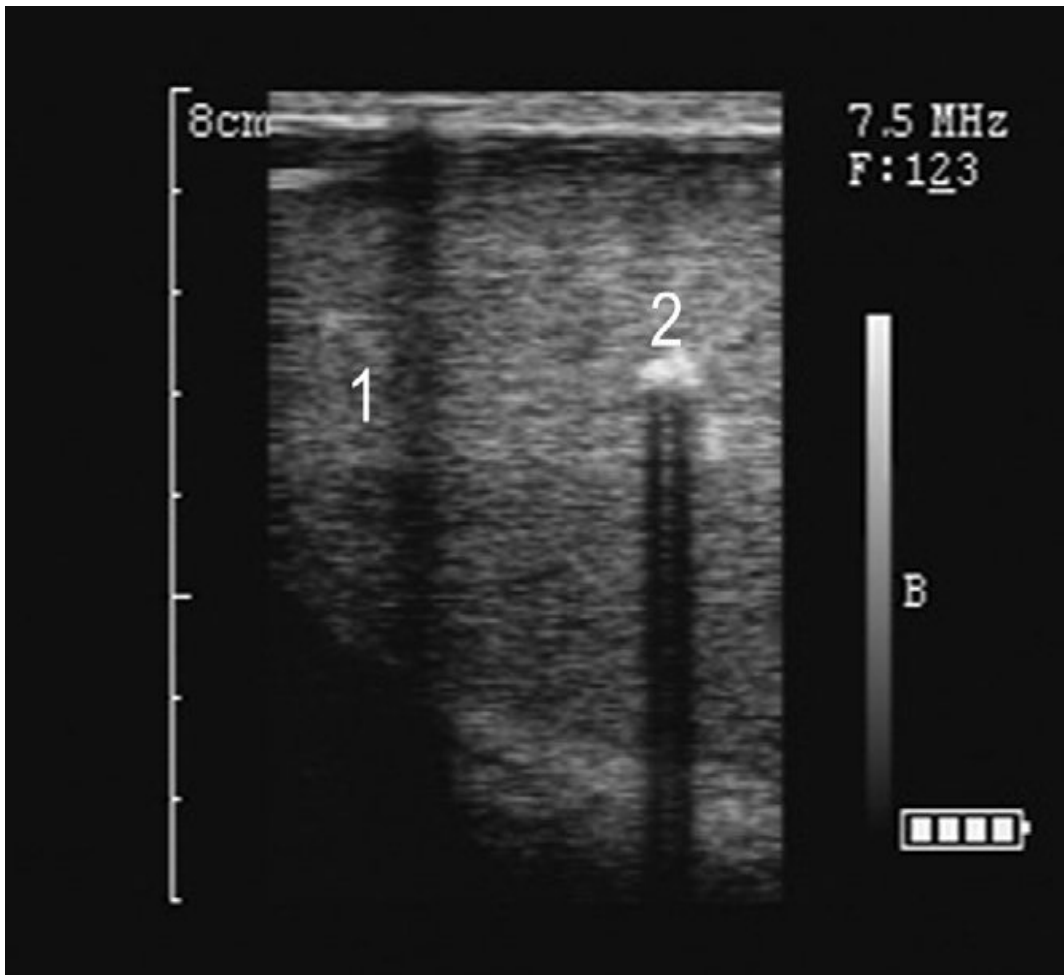


Imagen 15: Aspecto ecográfico de patologías testiculares: Degeneración testicular. 1. Parénquima testicular. 2. Sombra (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

Hematoma: Es una condición poco común que siempre está relacionado con un evento traumático. En la imagen ecográfica, un hematoma aparece como una estructura redonda anecoica o hipoecoica, dependiendo de su etapa de organización. Muestra si hay rotura testicular y su grado. Existe pérdida del patrón homogéneo testicular con presencia de *hematocele*. Con el tiempo, el examen ultrasonográfico revela una masa multilobulada de ecogenicidad mixta con una cápsula definida ecoica.

Abscesos testiculares: Pueden tener frecuentemente un origen metastásico. Tienen una apariencia muy heterogénea en la ecografía, relacionada con la etapa de organización.

Hidrocele: Es la acumulación de líquido en la túnica vaginal que rodea el testículo, causando inflamación indolora del escroto, tejido linfático, epididimitis. Normalmente, el vaginalis cavum (espacio entre la lámina visceral y la lámina parietal de la túnica vaginal, es un espacio virtual, menor a 2 mm) (Gnemmi y Lefebvre, 2010). En el caso de hidrocele, el espacio entre las capas de la túnica aumenta de volumen y puede llegar a medir unos pocos centímetros. En la imagen ecográfica, el espacio aparece anecoico con puntos ecogénicos. Habitualmente se sitúa en la cara anterolateral del testículo y su contenido es completamente transónico. Cuando el hidrocele es secundario a infección o a un traumatismo o bien se complican secundariamente el contenido interno puede ser de mayor densidad y las cubiertas encontrarse engrosadas. También la presencia de cristales de colesterol puede hacer que el contenido no sea totalmente transónico. El fluido dentro de un hidrocele puede ser simple (seroso) o complejo (hematocele o piocele). El hidrocele generalmente es idiopático, como resultado de una comunicación permanente entre el escroto y la cavidad peritoneal. Cuando el volumen de líquido impide la palpación del testículo se debe realizar la exploración ecográfica, aunque actualmente dada la accesibilidad de la prueba se suele realizar en casi todos los casos (Imagen 16).

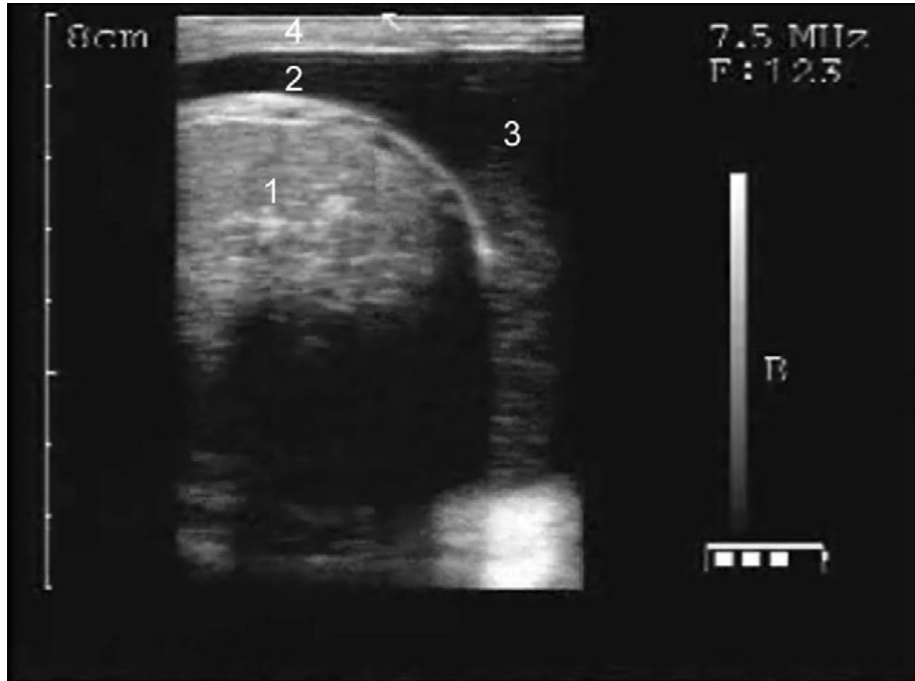


Imagen 16: Aspecto ecográfico de patologías testiculares: Hidrocele. 1. Parénquima testicular. 2. Túnica interna vaginal. 3. Cavidad vaginal aumentada de tamaño debido a la presencia de líquido. 4. Túnica vaginal externa (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

Hematocele: Es la presencia de sangre dentro del vaginalis cavum. El espacio aparece anecoico y se convierte en hiperecoico con el tiempo. Las tunicas estarán más o menos aumentadas de tamaño, con hematocele, el epidídimo puede estar engrosado o no y se apreciará la afectación o integridad del testículo. El ecodoppler en principio tiene que ser normal salvo en traumatismos que afecten a la irrigación testicular.

Hipoplasia: se define como testículos más pequeños (uno o dos testículos) que lo normal para la edad y se presume congénita, asociada con anomalías de las células germinales. La hipoplasia testicular es probablemente la anomalía reproductiva más común en toros jóvenes y generalmente se considera que tiene un gran componente hereditario. Las hipoplasias pueden ser clasificadas desde el punto de vista histológico en base a la población celular predominante en los túbulos seminíferos:

1. Hipoplasia total: los túbulos presentan células de Sertoli pero no tienen células germinales. Los túbulos son reducidos en diámetro y tienen una membrana basal muy delgada con hiperplasia de células intersticiales o de Leydig.

2. Hipoplasia parcial: los túbulos presentan células germinales y la espermatogénesis varía en los diferentes túbulos desde nula a normal.

En la imagen ecográfica, el parénquima testicular aparece hipoecoico comparado con su ecogenicidad normal.

Neoplasia: A menudo suele pasarse por alto si se realiza una rápida evaluación, pero con detenimiento se detectan y suelen ser informadas. El animal se presenta normalmente con una ampliación unilateral del escroto. Los tumores pueden ser hiperecoicos (calcificación o fibrosis), sin ecos, o de ecogenicidad mixta y generalmente no presentan dificultad para ser distinguidos desde el parénquima testicular normal.

Anomalías del epidídimo:

Epididimitis: Se examinan los epidídimos, determinando el tamaño, simetría, consistencia, forma, posición y movilidad, tanto en la cabeza como en el cuerpo y cola, los deferentes y los ganglios inguinales. Los toros con epididimitis y/o espermoestasis generalmente presentan cabeza o cola del epidídimo muy duros y/o aumentados de tamaño dos o tres veces más que lo normal. La epididimitis aguda se caracteriza por hipoecogenicidad causada por la presencia de exudados. En la forma crónica, el parénquima testicular se observa más heterogéneo y ecoico. En algunos casos se puede ver tumefacciones, que ecográficamente se observan como granulomas. Se trata de una epididimitis crónica y se asocian siempre a una calidad seminal pésima (Scott, 2012).

Anomalías del cordón espermático:

El examen se realiza con la palpación en el cuello del saco escrotal de los cordones espermáticos cuya forma es redonda-cónica (cordonal) y de consistencia firme elástica. La parte ancha se adosa al polo dorsal del testículo y la parte proximal se afina penetrando al canal inguinal, hasta donde se puede palpar. El tamaño depende de la edad del animal, siendo del grosor de un dedo meñique en toros púberes y del dedo pulgar en adultos de 5 años (Brejov, G. et al. 2013), sin embargo dicha medición no llega a ser ideal porque los dedos son de diferentes grosores entre las distintas personas por lo que sería de suma importancia en un trabajo posterior objetivar dicha medición. En bovinos castrados se puede palpar las estrangulaciones del conducto seminal

posteriores a la castración incruenta con emasculadores. En la palpación se determina tamaño, simetría, consistencia, movilidad, temperatura y sensibilidad. Los cordones son fácilmente desplazables. La pérdida de movilidad, el aumento de temperatura o de sensibilidad son signos de inflamación. Sólo la aplasia de ellos tiene importancia diagnóstica. También se puede llegar a palpar una edematización, aumento de tejido graso, hernias inguinales e inflamaciones (Brejov, G. et al. 2013).

Varicocele: Se definen como varices de compleja red vascular de alguna vena. Puede no tener significado. Pero si compromete el sistema de refrigeración, puede tener cierta incidencia sobre la espermatogénesis. Si es muy importante, el animal se debe tratar quirúrgicamente o considerar su descarte. Se detecta por palpación, es una dilatación del plexo pampiniforme causada por la disfunción de las válvulas situadas en las venas tortuosas del cono vascular testicular. Los pequeños varicoceles son asintomáticos y se asocia con disminución de la fertilidad y la baja calidad del semen en los toros viejos. El varicocele patológico se caracteriza por la presencia de edema en el interior del plexo pampiniforme. La ecografía del varicocele se observa como áreas irregulares hipoecoicas o anecoicas.

Hiperplasia del tejido linfático: Puede estar presente en los casos de enfermedades infecciosas virales (BLV) y puede causar la compresión del plexo pampiniforme (que conduce a hidrocele). En la ecografía el tejido linfático aparecerá hipoecoico.

Hernia inguinal: Un cuello escrotal ampliado es muy indicativo de una hernia inguinal. El ecografista puede distinguir asas intestinales con un contenido móvil dentro de la túnica vaginal. En raras ocasiones, el gas intraluminal es también observado y el epiplón aparece como un área más hiperecoica (Gnemmi y Lefebvre, 2010). Puede estrangularse el asa intestinal y dar cólico y muerte.

Torsión del cordón espermático: Es muy rara en el toro. La posición vertical de los testículos hace que la torsión no se produzca fácilmente. La torsión testicular en el toro puede dar problemas clínicos cuando supera los 180° (Gnemmi y Maraboli, 2007). En estos casos tenemos una dilatación del cordón testicular en distal de la torsión, un aumento del diámetro testicular y una disminución de la ecogenicidad del mismo. Además en una segunda fase aparece edema escrotal e hidrocele. En algunos casos se

puede ver una tumefacción externa, que corresponde a una hiperplasia de las glándulas linfáticas. Esto se puede encontrar en toros con leucosis (Gnemmi y Maraboli, 2007). Ocurre cuando una porción del cordón espermático gira alrededor de su eje vertical. Ecográficamente la dilatación del mismo lado del cordón espermático es hipoecoica y se observa ventralmente a la torsión. Hay un aumento o disminución de la ecogenicidad testicular, que se vuelve similar a la de un cuerpo lúteo.

Anomalías del pene:

Hematoma: Traumatismo con ruptura de la superficie dorsal de la túnica albugínea que permite la salida de sangre del cuerpo cavernoso (Gnemmi y Lefebvre, 2010). A menudo causa un prolapso prepucial, inflamación anterior del escroto y el toro se muestra renuente al servicio. Después de la lesión el absceso secundario es muy común. Se caracteriza ecográficamente por una masa heterogénea de tamaño variable con una pared delgada hiperecogénica.

Absceso: A menudo es secundario a un hematoma. Su estructura ecográfica varía con el tiempo. Si los abscesos son recientes tienen una pared delgada hiperecogénica con un típico aspecto heterogéneo semejante a una tormenta de nieve en el monitor. Los abscesos que datan de mayor tiempo tienen una pared más gruesa hiperecogénica, y un contenido que varía desde la imagen ecogénica (fibrosis) a la hiperecogénica (calcificación) (Imagen 17).

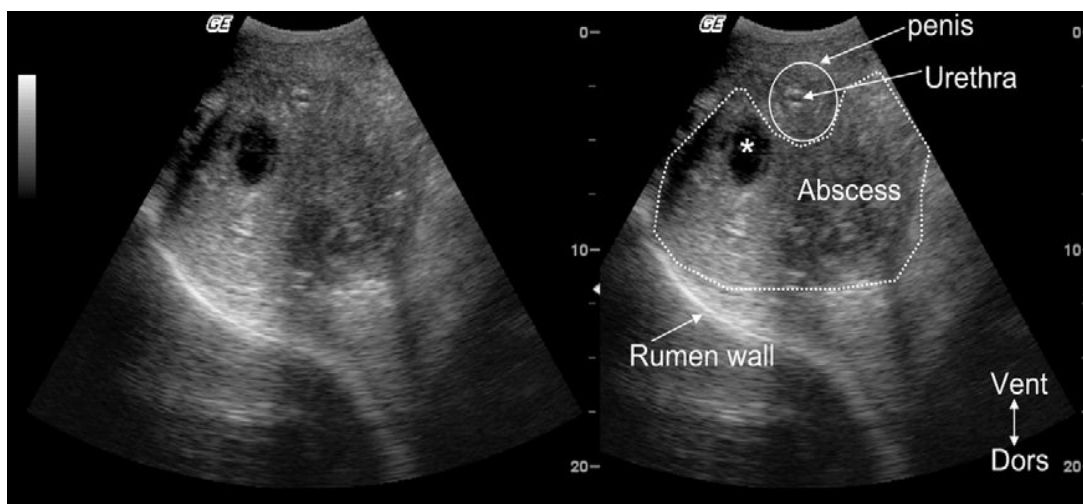


Imagen 17: Aspecto ecográfico de las patologías peneanas: Absceso. Ecografía transversal del pene en un toro con un área ventral hinchada. Una masa heterogénea que rodea el pene se ve con contenido anecoico. Estos hallazgos fueron compatibles

con un absceso cerca del pene que fueron confirmados por punción del mismo. Vent: ventral; Dors: dorsales. [Cortesía de S. Buczinski, Dr. Vet, MSc, Université de Montreal, QC] (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

Patologías del aparato reproductor interno:

Anomalías de las vesículas seminales:

Vesiculitis: Las vesículas seminales son las glándulas accesorias que con mayor frecuencia se afectan en el tracto reproductivo del macho (Bagshaw y Ladds, 1974). Sobre todo en terneros de engorde con dietas hiperenergéticas y se asocia tanto a la dieta como al hecho que los terneros se chupan entre ellos el cordón umbilical o prepucio. Este lamido favorece la vesiculitis, que es dolorosa y se debe tratar con antibióticos y antiinflamatorios no esteroideos (AINEs). Su infección está siempre acompañada de un aumento de leucocitos y muchas veces por pioespermia. La infección puede ser unilateral o bilateral. Es más frecuente en los toros jóvenes que han alcanzado recientemente la pubertad (Gilbert y Fubini, 2004). En la forma aguda, la glándula está hipertrófica y se puede observar un exudado líquido producido de una necrosis licuefactiva (pus) en la misma. La glándula se encuentra también hipertrófica en la forma crónica, con fibrosis, lo que hace que se observe como ecoica o hiperecoica al ser comparada con la glándula contralateral (Imagen 18).



Imagen 18: Aspecto ecográfico de las patologías de las glándulas vesiculares: Absceso. 1. Absceso de la glándula vesicular (Corte adaptado –con permiso del autor– de Gnemmi y Lefebvre, 2009)

Hipertrofia: La hipertrofia en los toros jóvenes es patológica y asociada a leucocitosis seminal. La glándula aparece de mayor tamaño y con aumento de la ecogenicidad, semejante al tejido luteínico. En toros mayores puede ser fisiológico, no se asocia con alteraciones en la calidad del semen.

E) Conclusión:

La ultrasonografía debe ser utilizada como un método complementario en la evaluación clínica genital del reproductor macho bovino; antes de ser eliminado por métodos subjetivos como la palpación.

La ultrasonografía es un método objetivo de diagnóstico inócuo, no cruento, no invasivo, que permite evaluar alteraciones en testículo, plexos venosos y glándulas accesorias, de esta manera evita realizar biopsias que son de alta complejidad.

La revisión del reproductor mediante la ultrasonografía permite detectar lesiones testiculares tales como orquitis, fibrosis y calcificaciones en el parénquima testicular, quistes, hidroceles y hematoceles, hematomas, neoplasias como así también epididimitis y vesiculitis, que en la revisión clínica de rutina y a la palpación no se pueden detectar.

Esta herramienta ultrasonográfica debería ser utilizada por los médicos veterinarios, en admisiones de los colegios veterinarios para la detección de anomalías anatomofisiológicas, y evitar de esta manera diferentes opiniones entre los colegas actuantes, previo a la eliminación de un reproductor sin diagnósticos objetivos.

Es importante seguir desarrollando técnicas de evaluaciones que permitan identificar en forma temprana las patologías del aparato reproductor macho prepuber, para conocer cuál sería el futuro de este reproductor.

F) Bibliografía:

Bagshaw, P. A.; Ladds, P. W. (1974) *A study of the accessory sex glands of the bulls in abattoirs in northern Australia*. Aust Vet J 50:489–95.

Ballenda Omar G. (2003) *La ecografía aplicada a la reproducción en especies de interés productivo*. Montevideo : Uruguay. <http://www.ecografiavet.com>.

Bergfelt, Don R.; Bo, Gabriel A. (1995) *Proceeding del IIIº Curso Argentino de Ultrasonografía Aplicada a la Reproducción Animal*. Córdoba : Argentina. Vol 1:4–6.

Boyd, J.S.; Omran, S.N.; Ayliffe, T.R. (1988) *Use of a high frequency transducer with real time B-mode ultrasound scanning to identify early pregnancy in cows*. Vet Rec ; 121:8–11.

Boyd, J.S.; Omran, S.N.; Ayliffe; T.R. (1990) *Evaluation of real time B mode ultrasound scanning for detecting early pregnancy in cows*. Vet Rec 127:350–352.

Brass, Karin Erica (1987) *Die Sonographie in der Andrologischen Untersuchung bei Verschieden Haussaugetierarten*. Hannover : Alemania (Trabajo de Tesis, Doctorado en Medicina Veterinaria presentado en la Universidad de Hannover).

Brejov, G. et al. (2013) *Semiología del aparato reproductor macho*. <http://www.fvet.uba.ar/areas/semiologia/2913/Reproductor-macho.pdf> (12 de enero de 2014)

Brunereau, L. et al. (2000) *Sonographic evaluation of human male infertility*. J Radiol. 81:1693–701.

Carracedo, P. (2012) *La ecografía: Introducción*. <http://historiasveterinarias.wordpress.com/2012/06/22/la-ecografia-introduccion/> (20 de mayo de 2014)

Cartee, R.; Powe, T.; Gray, B.; Hudson, R.; Kuhlers, D. (1986) *Ultrasonography Evaluation of Normal Boar Testicles*. Am. J. Vet/Res. Vol. 47 N° 12:2543–2548.

Chaffaux, S. et al. (1982) *Evolution de l'Image Échographique de produit de conception chez la vache*. Bull. Acad Vet Fr.; 55:213–221.

Díaz-Rodríguez, N; Garrido Chamorro, R.P.; Castellano Alarcón, J. (2007) *Metodología y técnicas. Ecografía: principios físicos, ecógrafos y lenguaje ecográfico*. <http://zl.elsevier.es/es/revista/semergen-medicina-familia-40/metodologia-tecnicas-ecografia-principios-fisicos-ecografos-lenguaje-13109445-formacion-continuada-2007> (20 de mayo de 2014)

Eilts, B.; Pechman, R. (1988) *B Mode Ultrasound Observations of Bull Testes During Breeding Soundnes Examinations*. *Theriogenology* Dec. Vol. 30 N° 6:1169.

Eilts, B.; Pechman, R.; Taylor, S.; Usenik, R. (1989) *Ultrasonographic Evaluation of Induced Testicular Lesions in Male Goats*. *Am. J. Vet/Res.* Vol. 50 N° 8:3122–3127.

Estevez Alonso, P. ([http](http://www.enciga.org/taylor/temas/ondas/index.htm?ondas6.htm)) *Pulsos y trenes de onda*. <http://www.enciga.org/taylor/temas/ondas/index.htm?ondas6.htm> (1 de mayo de 2014)

Gilbert, R.; Fubini, S. (2004) *Surgery of the male reproductive tract*. In: Fubini, S. L.; Ducharme, N. G. editors. *Farm animal surgery*. Philadelphia: WB Saunders. p. 352.

Ginther, O.J. (1995) *Ultrasonic imaging and animal reproduction: Fundamentals*. Book 1. Ginther Ed. Madison, Wisconsin : EEUU.

Ginther, O.J.; Knopf, L.; Kastelic, J.P. (1989) *Temporal associations among ovarian events in cattle during estrous cycles with two and three follicular waves*. *J Reprod Fert.* 87:223–230.

Giraldo, C. (2003) *Principios básicos de ultrasonografía veterinaria*. *Revista MVZ Córdoba*, Universidad de Córdoba, Colombia, vol. 8, núm. 2, pp 303-309. <http://www.redalyc.org/pdf/693/69380201.pdf> (16 de enero de 2014)

Gnemmi, G.; Lefebvre, R.C. (2009) *Ultrasound Imaging of the Bull Reproductive Tract: An Important Field of Expertise for Veterinarians*. *Vet Clin Food Anim* 25:767–779.

Gnemmi, G.; Lefebvre R. (2010) *Bull anatomy and ultrasonography of the reproductive tract*. In: Luc DesCo^teaux, Gnemmi G, Colloton J. *Practical atlas of ultrasonography for ruminant reproduction*. Black Well 9:153.

Gnemmi, G.; Maraboli, C. (2007). *Ultrasonografía del aparato reproductor del macho: aplicaciones a campo*. Taurus, Bs. As., 9(33):38–45.

Gnemmi, G.; Maraboli, C.; Colloton, J. (2006) *Ultrasonografía in ginecología buiatrica*. Summa 9:11–16

Goddard, P.J. (2000) *Principios Generales. Ecografía Veterinaria*. Ed. Acribia.

González de Bulnes López, A.; Herrera Gueva, M. (1992) *Control Ecográfico de los Rebaños Bovinos*. Therios Vol. 20 N° 99:276–286.

Griffing, P.; Ginther, O. (1992) *Research Applications of Ultrasonic Imagen in Reproductive Biology* J. Animal Sci, N° 70:953–972.

Infomed, red de salud de Cuba ([http](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/ultrasonidos.pdf)) *Longitud y frecuencia*. <http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/ultrasonidos.pdf> (24 de abril de 2014)

Kahn, W. (1990) *Sonographic imaging of the bovine fetus*. Theriogenology. 3:385–396.

Kahn, W.; Leidl, W. (1989) *Ultrasonic characteristics of pathological conditions of the bovine uterus and ovaries*. In: Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction (Taveme, M.A.M. and Willemse A.H.) Eds. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht : Holanda. 53–65.

Kaiper, G. (1989) *The clinical value of scrotal sonography*. Z Urol Nephrol. 82:419–24.

Kassam, A. et al. (1987) *Clinical and endocrine responses to embrionic and fetal death induced by manual rupture of the amniotic vesicle during early pregnancy in cows*. JAVMA. 191:417–420.

Laforga Fernández, P. ([http](http://cmaps.cmappers.net/rid=1LFSLTGYY-15S59WQ-1001/ondas%20sonoras.pdf)) *Conceptos físicos de las ondas sonoras*. Director-consultor de Ahuza Medio Ambiente S.L. <http://cmaps.cmappers.net/rid=1LFSLTGYY-15S59WQ-1001/ondas%20sonoras.pdf> (1 de mayo de 2014)

Matuszewska, M.; Sysa, P.S. (2002) *Epididymal cysts in European bison*. J Wildl Dis. 38:637–40.

Monina, M.I. et al. (2003) *Semiología ultrasonográfica del testículo, epidídimo y cordón espermático en el toro*. Ciencia Veterinaria. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Pampa. Vol 5 N° 1:18–28

Mosca Zohil, A. (1991) *Aplicación de la Ecografía en Medicina Veterinaria*. Trabajo de monografía para la Carrera de Especialista en Ultrasonografía. Sociedad Argentina de Ultrasonografía en Medicina y Biología. Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires : Argentina. Vol 1:116–128.

Palmer, E.; Driancourt, M.A. (1980) *Use of ultrasonic echography in equine gynecology*. Theriogenology. 13:203–216.

Pereyra, H.; Leiras, M.; Diego, R. (1993) *Ecografía Diagnóstica en Testículos Bovinos*. Therios Vol. 22 N° 108:196–205.

Pechman, R.; Eilts, B. (1987) *B Mode Ultrasonography of the Bull Testicle*. Theriogenology, Vol. 27 N° 2:431.

Perkins, T. (2000) *Uso del ultrasonido en la clasificación de la canal y evaluación reproductiva*. Primer congreso nacional de la raza cebú. Revista El Cebú.

Pierson, R.A.; Ginther, O.J. (1984) *Ultrasonography of the bovine ovary*. Theriogenology. 21:495–504.

Pieterse, M.C.; (1989) *Ultrasonic characteristics of physiological structures on bovine ovaries*. In: *Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction* (Taverne MAM and Willernse AH, Eds). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht : Holanda. 37–51.

Pieterse, M.C. et al (1990) *Detection of corpora lutea and follicles in cow: a comparison between transvaginal ultrasonography and rectal palpation*. Vet Rec. 126:522–544.

Pieterse, M.C. et al. (1990) *Clínical use of ultrasound in bovine reproduction*. PhD dissertation, State University, Veterinary Faculty, Utrecht : The Netherlands.

Querelle y Cia Ltda. (http) *Ondas y sonidos*. <http://www.profesorenlinea.cl/fisica/SonidoOndas.htm> (10 de enero de 2014).

Reinders, J.M.C., Van Giessen, R.C. (1993) *The accuracy and application of foetal sex determination by ultrasonography in cattle*. Proc. 9 th Scientific Meeting AETE, Lyon : Francia. 266.

Revah, L.; Butler, W.R. (1996) *Premature maturation of bovine oocytes obtained from prolonged dominant follicles*. J. Reprod Fertil. 106:39–43.

Rupérez, R (2004) *Aplicación de la ecografía en la reproducción bovina*. <http://www.produccion-animal.com.ar> (3 de mayo de 2014).

Segura Grau, A.; Sáez Fernández, A.; Rodríguez Lorenzo, A.; Díaz Rodríguez (2014) *Curso de ecografía abdominal. Introducción a la técnica ecográfica. Principios físicos. Lenguaje ecográfico*. Semergen, N. <http://zl.elsevier.es/es/revista/semergen-medicina-familia-40/metodologia-tecnicas-ecografia-principios-fisicos-ecografos-lenguaje-13109445-formacion-continuada-2007> (20 de mayo de 2014) 40:42-6.

Scott, P.R. (2012) *Applications of diagnostic ultrasonography in small ruminant reproductive management*. Animal Reproduction Science. 130:184–186.

Taverne, M.A.M.; Willemse, A.H. (1989) *Diagnostic Ultrasound and Animal Reproduction*. Ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht : Holanda.