

La Ultrasonografía como Herramienta para la Producción Animal

Ultrasonography as a Tool for Animal Production

Angelica Alejandra Mendoza Montoya

angelica.mendozam@campusucc.edu.co

Id.444534

Asesores

Lilian Bonilla León

Ricaurte Lopera Vásquez

Universidad Cooperativa de Colombia

Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia

Ibagué (Tolima)

2021



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Resumen

La Imagenología es la ciencia de las imágenes médicas y se ocupa de todas las imágenes normales y anormales de las estructuras, los tejidos y los órganos internos. Con este trabajo se pretende hacer una revisión de los principios básicos de la ultrasonografía, así como describir las ventajas de la misma en la reproducción bovina, ya que uno de los pilares fundamentales de la industria ganadera bovina lo constituye el componente reproductivo, cuyo principal objetivo es obtener una cría al año para mantener una buena tasa de producción a través del tiempo. En otras palabras, no importa cuánto se mejoren todos los factores productivos (nutrición, genética, administración, sanidad), si la eficiencia reproductiva es baja, la productividad final tiende a decrecer. En concordancia con esta necesidad, desde hace más de 30 años, la ultrasonografía transrectal se ha convertido en una útil herramienta en la reproducción animal y ha sido valorada como una herramienta de aplicación práctica en la reproducción y diagnóstico médico. Su uso abarca desde el campo clínico hasta estudios fisiológicos, pasando por numerosas aplicaciones prácticas de diagnóstico en bovinos.

Palabras Clave: ultrasonografía, reproducción, andrología, mejoramiento, patologías.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Abstract

Imaging is the science of medical imaging and deals with all normal and abnormal images of internal structures, tissues, and organs. The aim of this work is to review the basic principles of ultrasonography as well as describe its advantages in bovine reproduction since one of the fundamental pillars of the bovine livestock industry is the reproductive component, whose main objective is to obtain one brood per year to maintain a good production rate over time. In other words, no matter how much all-productive factors are improved (nutrition, genetics, management, health), if reproductive efficiency is low, final productivity tends to decrease. In accordance with this need, for more than 30 years, transrectal ultrasonography has become a useful tool in animal reproduction and has been valued as a tool for practical application in reproduction and medical diagnosis. Its use ranges from the clinical field to physiological studies, through numerous practical diagnostic applications in cattle.

Keywords: ultrasonography, reproduction, andrology, enhancement, pathologies.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

1. Introducción

La ganadería bovina es la actividad económica con mayor presencia en el campo colombiano; la hay en todas las regiones, en todos los pisos térmicos, en todas las escalas de producción, y también en diversas especialidades: cría, levante, ceba, lechería especializada y doble propósito. La estructura de producción ganadera en Colombia está lejos de ser homogénea, pero hay una mejora notable en nuevas razas, pastos forrajeros, nutrientes, entre otros. Así mismo, la producción se caracteriza según la siguiente estructura: Extractivo (6,2% pastoreo extensivo tradicional (61,4%), pastoreo extensivo mejorado (28,4%), pastoreo intensivo mejorado (3,5%) y confinamiento (menor 1%). (1). Esta estructura es determinante en las posibilidades de crecimiento y contribución de la ganadería a la actividad económica agregada. Según el inventario ganadero en Colombia se tienen registrados 28.245.262 cabezas de ganado, repartidas en 655.661 fincas; para el Tolima se tiene un registro de 790.423 cabezas de ganado repartidas en 24780 fincas (1).

Los sistemas de producción pecuarios en el país demandan estándares internacionales de calidad e inocuidad para la comercialización del producto final, por ello, los estándares de cría, beneficio y comercialización deben seguir los lineamientos establecidos en las buenas prácticas ganaderas (BPP) (2). En concordancia, dentro del sistema de producción bovino aspectos como la salud, el bienestar animal e inocuidad son conceptos interdependientes; desde la mesa del consumidor hacia atrás, la inocuidad del alimento, que solo puede garantizarse con un sistema que permita conocer su origen y trayectoria a lo largo de la cadena (trazabilidad), depende directamente de la salud del animal que produce la leche o es sacrificado para la producción de carne (3). Esa condición óptima de salud depende, a su vez, de las condiciones de vida del animal, de su bienestar, que incluye temas como el entorno mismo y las buenas prácticas en su manejo (1).

De esta manera y en concordancia con la hoja de ruta de la ganadería Colombiana, durante las últimas décadas, la ultrasonografía ha tenido gran impacto como herramienta utilizada en la evaluación reproductiva y en biotecnologías desarrolladas en bovinos, especialmente en



Atribución-NoComercial

CC BY-NC

programas de superovulación y transferencia de embriones; de este modo la técnica posibilita un examen detallado del tracto genital sin generar efectos adversos sobre el potencial reproductivo de la vaca ni afectar el embrión o feto, lo cual permite su aplicación para el diagnóstico temprano de gestación, para el sexaje fetal y, además, para identificar patologías como endometritis y quistes ováricos (4), (5) siendo una herramienta importante para garantizar la salud del hato.

La ultrasonografía permitió descubrir importantes aspectos para la reproducción animal, que ocurren durante el ciclo estral como la dinámica folicular. Este mayor conocimiento fue aplicado en programas de sincronización de celos e inseminación artificial y en esquemas de superovulación, transferencia de embriones y aspiración de folículos para fertilización in vitro, igualmente mediante el uso de un ecógrafo es posible determinar con mayor eficacia el momento óptimo de comienzo de los tratamientos para obtener la mayor cantidad posible de embriones viables (6) (7).

La ultrasonografía como una técnica no invasiva, emplea sonidos de alta frecuencia para producir imágenes de los tejidos y órganos internos de los animales y su aplicación contribuye ampliar el entendimiento de las funciones fisiológicas de la reproducción bovina contribuyendo a aumentar la información necesaria para establecer protocolos pertinentes de Bienestar Animal (8) (9).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

2. Antecedentes

La ultrasonografía o ecografía es una técnica que permite la visualización de los órganos internos. Su aplicación en bovinos y equinos a partir de la década del 80 ha sido uno de los pasos más importantes para el estudio y comprensión de los eventos normales que ocurren durante el ciclo estral y la gestación, a tal punto que es considerado por muchos investigadores como el avance más importante en la biología reproductiva desde la utilización del radioinmunoensayo (RIA) para medir valores hormonales circulantes en el animal (6) (10) (11) (12).

En 1984 el ecógrafo se empezó a utilizar por vía transrectal en yeguas y vacas, siendo una herramienta complementaria en el diagnóstico de procesos reproductivos (8). Posterior a esto y a los avances tecnológicos de la ultrasonografía esta técnica se implementó en otras especies animales como en ovinos, caprinos, porcinos, domésticos, silvestres y en técnicas como sexado fetal y la Ovum Pick-Up colecta transvaginal de ovocitos, además en el área de investigación juega un papel importante (13).

El uso de la ultrasonografía en la producción pecuaria resulta ser una herramienta vital para el desarrollo de prácticas sostenibles en el sector. En contexto, el desarrollo de la ecografía en las ciencias de la salud se inició con su aplicación terapéutica más que diagnóstica, se utilizó en craneotomías, artritis reumáticas, úlceras gástricas, eczema, asma e incluso para angina de pecho; fue a principios de los años 40, que la ecografía se usó experimentalmente como una herramienta de diagnóstico, localizando tumores cerebrales y ventrículos del cerebro; esta técnica, que ya ofrecía imágenes bidimensionales, permitió visualizar también el interior del cuerpo humano. En el campo de la medicina veterinaria, el uso de la ecografía viene respaldado, por su empleo en la medicina humana, donde una de las principales aplicaciones de esta técnica se da en el campo de la reproducción, donde el diagnóstico ecográfico tiene una relativamente corta. La ecografía se destaca como uno de los métodos más revolucionarios y esclarecedores para comprender los aspectos reproductivos en las distintas especies y en particular en el ganado vacuno (14).





Atribución-NoComercial
CC BY-NC

3. Marco Conceptual

3.1. Importancia de la Ultrasonografía en la Producción Animal.

Las Buenas Prácticas Ganaderas (BPG) son normas que se aplican durante el proceso de producción pecuaria, con el objetivo de implementar dentro de las empresas ganaderas prácticas sostenibles en el área ambiental, en el área económica y en el área social, de esta manera se garantiza la obtención de productos sanos, seguros y de buena calidad, las BPG son útiles a lo largo de toda la cadena productiva bovina (15).

Dentro de las explotaciones pecuarias, un factor de gran importancia es la reproducción, la cual debe considerarse para mejorar la eficiencia productiva del rebaño, en este ámbito, para, la ultrasonografía es una herramienta precisa en el diagnóstico de la gestación, cuyo mayor impacto consiste en evaluar precozmente y con alto porcentaje de certeza la concepción, principalmente a partir del día 28 de gestación, permitiendo incrementar la eficiencia reproductiva del rebaño, programar fechas de partos y atención de parturientas (16). Otro aspecto interesante de la ultrasonografía se relaciona con el producto final de la producción ganadera que es el canal del animal, por esta razón estimar de manera objetiva la composición de la canal es de gran importancia para la cadena productiva ganadera y particularmente para los programas de mejoramiento genético (17) (18).

Desde el punto de vista productivo, interesa que el animal una vez faenado (canal), contenga una proporción importante de carne comercializable, la que cuantitativamente ocupe una mayor proporción, con relación al tejido adiposo y óseo, pues ello le dará el valor comercial máximo. Este valor comercial debe estar dado principalmente por el peso del canal, la composición de sus tejidos y su distribución (19).

Continuando con este aspecto, los sistemas actuales de clasificación de canales clasifican y tipifican su conformación, pero esta valoración está muy poco relacionada con la composición real de éstas, por lo que tal calificación pierde objetividad y se torna subjetiva e insuficiente para el interés de los mercados cárnicos (20). Los sistemas de clasificación



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

buscan, primero: predecir y satisfacer las exigencias de los mercados (interno y externo) tanto en calidad como en uniformidad; y segundo: generar información para lograr valor agregado de la carne en el mercado y mejorar la eficiencia del sistema de clasificación, retroalimentando cada uno de los eslabones de la cadena cárnica, de esta manera la ultrasonografía es una tecnología alternativa utilizada en la industria cárnica para predecir la composición del cuerpo de un animal y de su canal, siendo una técnica no invasiva que permite cuantificar los tejidos musculares, óseos y grasos de los animales en vivo (21).

En Colombia diversos autores han empleado la técnica de ultrasonografía transrectal en hembras tipo carne y tipo leche, como herramienta de diagnóstico reproductivo tales como describir la dinámica folicular durante el anestro posparto y el primer ciclo estral con presencia o ausencia del ternero (22) (12).

3.2. Aspectos generales de Ultrasonografía

La ecografía utiliza ondas sonoras de alta frecuencia para obtener imágenes de tejidos blandos y órganos internos (23), los cuales producen alternativamente los fenómenos de compresión y rarefacción, estas ondas son reflejadas de vuelta hacia un transductor o sonda, compuesto por un cristal piezoeléctrico recubierto en ambas caras por electrodos que al ser expuestos a una señal eléctrica, hacen que el cristal se expanda y contraiga con la misma relación que la frecuencia aplicada (3,5, 5,0, 6,5 y 7,5 MHz) (24) y posteriormente son enviadas al ecógrafo donde son analizadas y convertidas en una imagen en escala de grises, que se extiende desde el negro al blanco. Las estructuras contenidas por líquidos (folículos, saco vitelino, algunos órganos), que se visualizan en color negro, no reflejan las ondas sonoras, por lo que son denominadas anecogénicas o no ecogénicas, cuando la mayor parte del sonido se refleja hacia el transductor y se refleja una imagen de color blanco, se habla de imagen ecogénica, como en el caso de huesos y aire. Los tejidos blandos pueden aparecer en distintas clases de grises, hiperecogénico define a los tejidos que reflejan más sonido que el tejido circundante (huesos del feto) e hipo ecogénico que describe la idea contraria (cuerpo lúteo) (12).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

3.2.1. Equipo

Un ecógrafo es por lo general una inversión sustancial, por lo tanto, los médicos veterinarios deben determinar, de antemano, cómo y dónde lo van a utilizar, y si podría ser rentable comprar una unidad. La calidad de imagen es muy variable, un escáner de resolución media que sea adecuado para el diagnóstico de gestación a los 30 días puede ser inadecuado para el sexado fetal. El tamaño y la portabilidad son importantes. Un gran escáner es apropiado para el uso estacionario (por ejemplo, cuando el ganado se puede inmovilizar en una manga), mientras que los exámenes del ganado que está sujeto de manera individual requeriría el uso de un escáner altamente portátil (5).

El ecógrafo está constituido por un transductor y una consola. Figura 1. El transductor actúa como emisor de las ondas de sonido generadas por cristales piezoeléctricos, las cuales viajan a través del cuerpo hasta llegar a un tejido reflector, el eco que retorna hasta el transductor comprime los cristales piezoeléctricos, transformando estas ondas de ultrasonido en energía eléctrica que es transmitida a la consola (8) (25).

Figura 1. Ecógrafo



Fuente: (8) (25)



Atribución-NoComercial
CC BY-NC



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

3.2.2. Principios físicos y metodología ultrasonido Doppler

El principio del ultrasonido Doppler es el análisis del cambio en las ondas sónicas reflejadas (ecos) por estructuras en movimiento, que son en general células sanguíneas. El sonido se propaga como una compresión y dilatación del medio, que es conducida, reflejada, dispersada y atenuada hasta que finalmente desaparece. Dentro de los vasos sanguíneos los eritrocitos se alejan o se acercan al transductor a una determinada velocidad y cuando chocan con la onda sónica ésta es reflejada con una frecuencia y amplitud diferentes a la que fue emitida. Esta diferencia es captada por el ecógrafo, y con base en ella realiza, entre otros cálculos, la velocidad de las células sanguíneas o cambios de intensidad. La representación de la velocidad de las células respecto del tiempo se puede hacer gráficamente en forma de un espectro, en un código de color o en forma audible (26).

Otro punto interesante es que, en contraste con los métodos convencionales que miden la velocidad del flujo sanguíneo, la Doppler mide la intensidad del flujo sanguíneo. Las células sanguíneas son vistas como focos de color proyectados sobre la imagen en modo B. comparado con las técnicas convencionales de Doppler color, este método es superior para flujos sanguíneos demasiado bajos (10).

3.2.2.1. Uso de Transductores

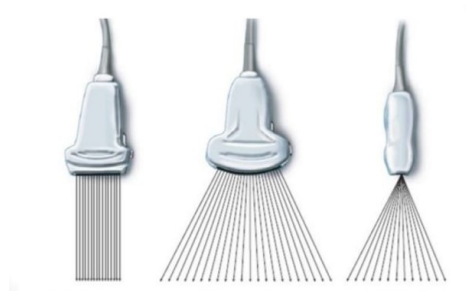
Un transductor o sonda emite ondas de sonido de baja intensidad y frecuencia elevada hacia los tejidos donde interaccionan con las interfases de los mismos. Las ondas que se reflejan de vuelta al transductor Figura 2, son enviadas a través de la sonda del ecógrafo en donde son analizadas y convertidas en una imagen en una escala de grises. El transductor puede ser lineal dando una imagen rectangular en la pantalla (barrido de matriz lineal) o sectorial donde la imagen está en triángulo (registro sectorial) (27).





Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Figura 2. Cortes en diferentes tipos de transductores.



(Fuente: (28).

3.2.2.2. Tipos de formatos de imagen

El modo A (amplitud), modo B (brillo) y modo M (movimiento). El modo A fue el primer tipo de formato empleado y el más sencillo, los modos de retorno se visualizan como una serie de picos en un gráfico. Cuanto mayor es la intensidad del sonido de retorno, más alto es el pico a esa profundidad de tejido. Su principal uso en veterinaria es la medición de la cantidad de grasa subcutánea en porcino (29) (14).

El modo B emplea píxeles de brillo o puntos en una pantalla que se corresponden con la profundidad a la que se ha generado el eco de retorno. Cuanto mayor es la intensidad, más brillante es el punto. La imagen que se genera en un corte anatómico bidimensional se va actualizando continuamente. Este modo es el que se emplea en la actualidad, con mayor frecuencia, para fines diagnóstico (14). “Presenta información acerca de las variaciones en la amplitud del pulso en forma de una imagen en escala de grises en la cual la mayor o menor intensidad o brillo representa las diferencias en la amplitud de las señales reflejadas” (29) (30).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

El modo M es la visualización continua de un corte fino de un órgano a lo largo del tiempo. Se utiliza principalmente en ecocardiografía (27). “Se conoce también como modo TM (tiempo-movimiento). Representa la amplitud del eco y la posición de los reflectores móviles. Su principal aplicación es la ecocardiografía” (31).

El desarrollo de esta tecnología permite hacer una selección genotípica mejor, permitiendo valorar genotipos superiores para características asociadas con el rendimiento cárnico; sistemas de alimentación y manejo, que potencien la expresión genética de tales características; permite predecir los tiempos ideales para el sacrificio de los animales; y ayuda a predecir las características carniceras de los animales para sacrificio (16).

3.2.2.3. Elección del equipo

La elección del equipo de ultrasonido debe estar basada en las aplicaciones previstas. Si se van a realizar principalmente procedimientos diagnósticos de rutina, tales como control ovárico o diagnóstico de preñez, un equipo simple y pequeño con un transductor de 5 MHz será suficiente. Este equipo permite realizar exámenes transrectales (en equinos, bovinos, pequeños rumiantes, cerdos) y transabdominales (pequeños rumiantes, cerdos, perros y gatos). El transductor de 5 MHz ofrece un balance entre profundidad de penetración (hasta 10 cm a partir del transductor) y calidad de imagen (resolución). En tanto el transductor sea lo suficientemente chico para permitir su manipulación transrectal, no hay ventajas evidentes del transductor lineal sobre el sectorial (32).

3.2.3. Consistencia de la ultrasonografía

El estado de preñez en la vaca puede ser determinado por métodos clínicos y de laboratorio. Los métodos clínicos incluyen efecto Doppler, eco-pulsos ultrasónicos, radiografía, ecografía y palpación rectal. La ecografía Doppler color es una herramienta no invasiva que combina datos anatómicos y de flujo sanguíneo útiles para evaluar el aparato reproductor de la vaca



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

en su estado normal y patológico. Así, esta herramienta ha permitido evaluar el desarrollo folicular, el embrión y el feto, por lo que estudios recientes demuestran su utilidad como técnica para realizar diagnósticos diferenciales más precisos de gestación y no preñez, de quiste folicular o lúteo, de riesgos de mortalidad embrionaria o fetal, así como predecir la respuesta superovulatoria y la eficacia en la transferencia de embriones (27).

Los métodos de laboratorio incluyen la determinación de hormonas, factor temprano de preñez, gonadotropinas, antígenos y biopsia vaginal, entre muchos otros. A pesar de la existencia de múltiples métodos, la palpación rectal del tracto reproductivo y su contenido es el método más utilizado en la vaca tanto para el diagnóstico de preñez, como para la estimación del tiempo de gestación y un sinnúmero de estados fisiológicos y patológicos que permiten tomar decisiones tanto al productor como al profesional (33).

En los últimos años la caracterización de la dinámica folicular del bovino usando ultrasonografía ha permitido tener fundamentos para la manipulación farmacológica del ciclo estral, permitiendo la sincronización de la ovulación en un tiempo predecible consiguiendo inseminar a tiempo predeterminado o tiempo fijo (34).

Otro aspecto para tener en cuenta es el acoplamiento entre diferentes técnicas, como la palpación rectal y la ecografía transrectal, siendo métodos que ayudan a concretar un diagnóstico inmediato de gestación en vacas. Sin embargo, en campo, la palpación rectal continúa siendo el protocolo más frecuente utilizado por el médico veterinario para realizar el diagnóstico de preñez (31) (35). El objetivo de los métodos de diagnóstico de gestación es determinar con la mayor precisión posible que no haya falsos positivos o falsos negativos. Además, el método se debe aplicar lo más pronto posible después del servicio (monta natural, inseminación o transferencia embrionaria) y adicionalmente se debe determinar la edad del embrión o feto (36).

3.2.4. Seguridad de la ultrasonografía



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Las consideraciones prácticas relacionadas a las condiciones de trabajo para optimizar la imagen ecográfica se han descrito anteriormente (23). Brevemente, el animal debe estar bien restringido, ya que movimientos excesivos pueden interferir con la interpretación de la imagen, y pueden dañar el equipo. El recto debe estar completamente evacuado, la materia fecal entre el transductor y la mucosa rectal reduce la calidad de la imagen. El uso de un lubricante adecuado (idealmente a base de agua) mejora la transmisión de las ondas sonoras y por lo tanto la calidad de la imagen (algunos veterinarios utilizan el transductor embebido en lubricante dentro del dedo de un guante de plástico). El escáner debe estar cerca del técnico operador, en una posición fácil de ver y ajustar, preferiblemente a nivel de los ojos, pero al mismo tiempo protegido de posibles daños. La intensidad de la luz ambiente debe ser tenue. Los exámenes deberían hacerse dentro de un edificio o área cubierta, o si se realiza en el exterior habría que reducir la incidencia de rayos solares o sus reflejos con paneles, lonas, o una caja de cartón que rodea el monitor. Existen hoy en día ecógrafos que tienen requisitos menos estrictos en cuanto a la reducción de la luz, como los que poseen un monitor construido en un par de gafas o pequeños monitores que se colocan en el pecho o en la muñeca del operador (5).

4. Experiencia positivas en Reproducción Bovina

En Florencia (30) determinó con eficiencia ecográficamente la prevalencia de las alteraciones del tracto reproductivo a nivel de ovarios, oviducto y útero de hembras bovinas mayores de 3 años y estableció la relación de la edad y el tipo racial *Bos Taurus*, *Bos indicus* y media sangre en la presentación de dichas anormalidades en más de 196 ecografías; otro aporte fue el (37) quienes midieron el área del ojo del lomo mediante ultrasonografía en animales vivos, como técnica de predicción de la composición de la canal in vivo, utilizando 28 novillos enteros de raza Holstein, con peso vivo promedio de 203.8 ± 37.5 kg, los animales permanecieron en pastoreo rotacional del kikuyo y fueron suplementados con 1 kg de materia seca de ensilaje de grano reconstituido hasta alcanzar un peso promedio de $301.9 \text{ kg} \pm 47.9$ kg. Una vez que los animales alcanzaron este peso, previo al momento del sacrificio, se



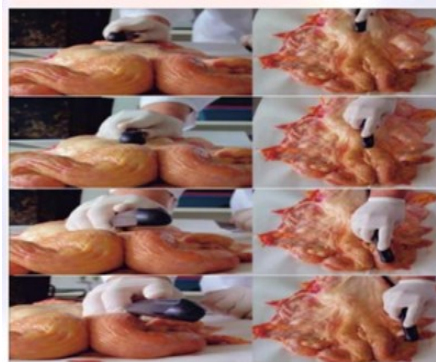
Atribución-NoComercial
CC BY-NC

realizaron mediciones del área de ojo de lomo por ultrasonido (AOL-eco), encontrando que la medición por ultrasonografía del área de ojo de lomo mostró ser un método con gran exactitud para determinar in vivo el área real del ojo del músculo Longissimus dorsi en vacunos.

4.1. La ultrasonografía reproductiva en la hembra

La ultrasonografía es una herramienta importante en el examen ginecológico del ganado vacuno y en otras especies domésticas. Por medio de la ecografía es posible observar folículos y cuerpos lúteos presentes en los ovarios. Así mismo, es posible hacer un diagnóstico de gestación acertado mucho más temprano que por medio de la palpación rectal y también se pueden diagnosticar alteraciones patológicas tales como la presencia de quistes en los ovarios, o bien la presencia de infecciones uterinas (19).

Figura 3. Método de exploración ecográfica del aparato genital de la vaca



Fuente: (19).

4.1.2. Características principales de la ultrasonografía hembras



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

4.1.2.1. Ovarios

El estroma del ovario en anestro tiene ecogenicidad homogénea a la ecografía. Tanto las estructuras asociadas con la actividad cíclica como los folículos y cuerpos lúteos no suelen ser visibles. Los ovarios anéstricos son verdaderamente pequeños y sólo se encuentran generalmente en vaquillonas prepúberes y vacas en posparto temprano. Durante la evaluación ecográfica de un ovario activo podemos encontrar además del estroma, folículos Figura 4. y cuerpo lúteo. Estas estructuras tienen diferente ecogenicidad y por lo tanto aparecen con distintas tonalidades de gris en la ecografía (38).

Figura 4. Ovario con dos folículos.



Fuente: (14).

4.1.2.2. Folículos

Los folículos suelen aparecer como regiones anecoicas dentro del estroma ovárico. Sin embargo, no es generalmente posible distinguir la pared folicular del estroma circundante, salvo en los grandes folículos preovulatorios. Los folículos no siempre aparecen alrededor debido a la presión del transductor sobre el tejido ovárico circundante (38).

4.1.2.3. Cuerpo lúteo

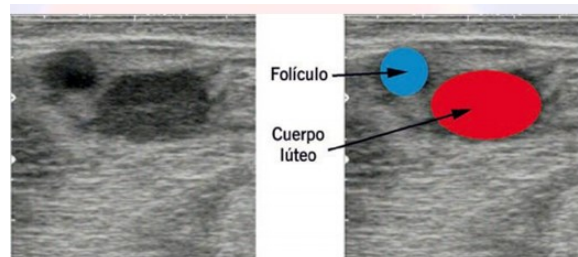
El cuerpo lúteo (CL) se presenta en las dos terceras partes del ciclo estral. El CL aparece como un área ecogénica clara dentro del estroma del ovario. Es normal ver un hueco central



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

(cavidad llena de líquido) y no debe confundirse con la presencia de un quiste lúteo. El CL generalmente puede ser identificado en ecografías de 4 días después de que se produce la ovulación. Si la fertilización del óvulo no se produce y la preñez no es establecida, el CL alcanza un tamaño máximo en 16 días después de la ovulación y luego empieza el proceso de regresión. Por lo tanto, la repetición del examen de los ovarios puede proporcionar información útil con respecto a las etapas del ciclo estral a través de la observación de los cambios en el CL. Además, la persistencia del CL puede ayudar en la determinación de un diagnóstico precoz de gestación. La vesícula embrionaria por lo general se encuentra en el cuerno uterino ipsilateral al ovario que contiene el CL (38).

Figura 5. Cuerpo Lúteo



Fuente: (14).

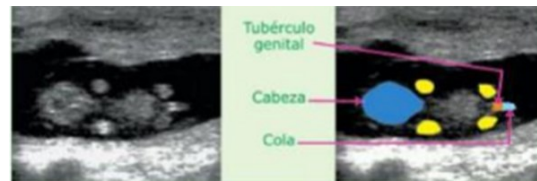
4.1.2.4. Sexaje de fetos

La ecografía transrectal es útil para determinar el sexo del feto al evaluar la ubicación de los tubérculos genitales (precursor en el pene y clítoris). El ultrasonido puede ser utilizado para determinar con precisión el sexo fetal a partir de los 55–60 días después de la ovulación. El tubérculo genital se encuentra entre la cola y las patas traseras en la hembra. En el feto macho se encuentra justo detrás del punto en que el cordón umbilical entra en el cuerpo Figura 6. La identificación precisa del sexo del feto puede ser útil para la administración del ganado lechero (38).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Figura 6. Determinación ecográfica del sexo en una hembra de 51 días.



Fuente: (14).

Figura 7. Determinación ecográfica del sexo en un macho de 66 días.



Fuente: (14).

4.1.2.5. Úteros gestantes

Útero preñado La detección temprana y correcta del estado de gestación de la vaca es crucial para mejorar la eficiencia reproductiva. A pesar de ser posible que un operador experimentado detecte preñez el día 17 después de fecundación o inseminación artificial, la duración del examen de evaluación aumenta dado que es necesario realizar una evaluación detallada y completa del útero para diagnosticar con total seguridad un estado de no preñez. Además, el diagnóstico de preñez en esta etapa debe ser tomado con precaución debido a las altas tasas de pérdida embrionaria temprana. La recomendación general es realizar



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

diagnósticos de gestación con una sonda transrectal a partir del día 28 de fecundación Figura 8. momento en el cual, los operadores podrán hacer diagnósticos de preñez de una manera segura y rápida. Un diagnóstico positivo de preñez puede hacerse sin visualización del embrión en la ecografía. Esto se realiza mediante la identificación del fluido alantoideo, las membranas fetales y los placentomas (38).

Figura 8. Gestación de 30 días



Fuente: (14).

4.1.3. Evaluación en Hembras

La técnica utilizada para el examen ecográfico es similar a la técnica para palpación rectal. Una vez que las heces han sido evacuadas del recto, se localizan los órganos del sistema reproductor por medio de palpación rectal, evitando la entrada de aire en el recto. Enseguida se introduce la mano deteniendo al mismo tiempo al transductor guiándolo sobre los diferentes órganos. Es importante evitar la presencia de heces entre el transductor y el recto ya que esto interfiere con la conducción de las ondas. La manipulación simultánea del transductor y del tracto genital con una mano dentro del recto requiere de práctica y experiencia. En ganado se puede usar cualquier tipo de transductor, lineal o sectorial. El único requisito es que se pueda detener y manipular fácilmente dentro del recto sin lastimar a la vaca. El mismo lubricante que se utiliza para la palpación rectal puede ser utilizado para la ecografía. Pasando el ano se encuentran el vestíbulo y la vagina que no son fácilmente observadas por medio de ecografía. Enseguida se encuentra el cuello de la vejiga urinaria. Generalmente la orina se observa como líquido claro (de color negro) porque no es ecogénica.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Ventralmente a la vejiga se encuentra el piso de la pelvis y se puede observar el hueso que es más grueso y dada su elevada ecogenicidad, se observa una línea gruesa blanca. El cérvix de una vaca no gestante se encuentra al nivel de la vejiga urinaria (30).

Las estructuras cervicales que se pueden identificar por medio de ecografía son los anillos y el canal cervical que aparece como una línea hiperecogénica (frecuencia de 3.5 ó 5 MHz). Inmediatamente después del cérvix aparecen el cuerpo y los cuernos del útero. Una vez que el útero ha sido identificado se coloca el transductor sobre el espacio intercornual. Según el transductor con el que se esté trabajando éste se puede mover de lado a lado para obtener más cortes longitudinales del útero (transductor lineal) o bien se mueve 90 grados para cambiar de cortes longitudinales a cortes transversales en relación con el eje del cuerpo (transductor sectorial). Después de observar el útero se puede mover el transductor lateralmente para examinar a los ovarios. Es muy importante el identificar a cada ovario en su lugar y del lado correspondiente (izquierdo o derecho). Las estructuras que normalmente se buscan durante el examen ecográfico en la reproducción son el embrión, la vesícula embrionaria y el latido del corazón, fluido intrauterino (fisiológico o patológico), folículos, cuerpos lúteos y estructuras patológicas de los ovarios (30).

4.1.4. Patologías Reproductivas

La ecografía también es útil para la investigación de los animales con baja fertilidad debido a las anomalías cíclicas o a condiciones patológicas que afecta los ovarios y/o el útero. Las condiciones que afectan la fertilidad, tales como la enfermedad quística ovárica y la endometritis/ piómetra pueden ser identificadas con precisión y tratadas adecuadamente (39).

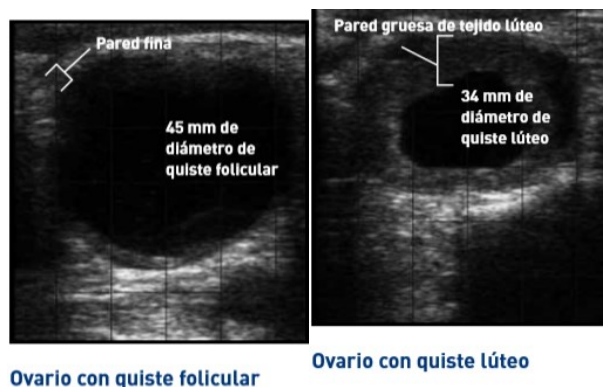
La enfermedad quística ovárica es una importante condición para tener en cuenta, en particular en el manejo del ganado lechero, ya que es la causante de una actividad cíclica anormal y en consecuencia de una disminución de la fertilidad. Esta condición se define tradicionalmente como la presencia de estructuras llenas de fluido que superan los 25 mm de diámetro sobre el ovario durante más de 10 días y con una ausencia de un CL funcional. Los



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

dos tipos de quistes ováricos que causan la disfunción de la reproducción/actividad cíclica, son los quistes foliculares y los quistes lúteos (18).

Figura 9. Quistes ováricos.



Fuente: (38)

La endometritis/piómetra es una condición común que afecta negativamente el desempeño reproductivo del ganado lechero. La endometritis clínica se define como una secreción mucopurulenta uterina que se hace presente aproximadamente desde los 21 a los 26 días después del parto. Los casos subclínicos de endometritis pueden no tener pérdidas, sin embargo, la fertilidad se ve afectada. La ecografía transrectal puede ser utilizada para evaluar las vacas en busca de signos de endometritis Figura 10. Los indicadores de endometritis en la ecografía incluyen la acumulación de fluido en el sistema intrauterino que contiene partículas ecogénicas (con una apariencia similar a ‘nieve’) y engrosamiento del endometrio debido al edema y a la inflamación. Sin embargo, la ecografía sola no siempre proporciona un diagnóstico definitivo de la endometritis (40).

Figura 10. Endometritis en Bovinos



Atribución-NoComercial
CC BY-NC



Endometritis

Fuente: (38)

Figura 11. Piómetra



Piometra

Fuente: (38).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

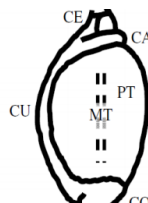
4.2. Evaluación andrológica en el macho

La evaluación de la aptitud reproductiva del toro es un examen que permite identificar animales subfértiles e infértiles que pueden llegar a afectar el éxito de un programa reproductivo en una explotación pecuaria, ya que, como lo demuestran algunos estudios (36), (41), aproximadamente entre el 3% y el 30% de los toros utilizados no son del todo aptos para la reproducción, pues tienen una evaluación reproductiva no satisfactoria (infértil) o poco satisfactoria (subfértil) (42) (43).

La medición de la circunferencia escrotal (CE) figura 12. y la altura testicular, son elementos de gran importancia en los procesos de selección de un toro, ya que el tamaño de los testículos ha sido asociado positivamente con la producción de espermatozoides. Es importante señalar que la palpación y la medida escrotal pueden proveer información importante para investigar la capacidad reproductiva, pero no pueden detectar enfermedades potenciales; por ello se debe complementar el examen con una evaluación mediante ultrasonografía, con el fin de determinar enfermedades focales y multifocales, como abscesos y quistes (37) (22) (4).

Figura 12. Esquema de las estructuras anatómicas testiculares y anexos que son observadas por ultrasonido.

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



Fuente (41).

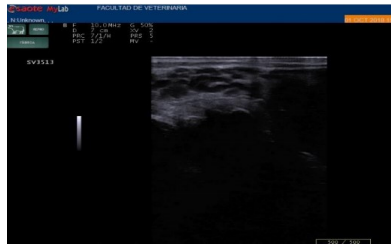
- **Examen interno del aparato reproductor**



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Para el examen interno se deben retirar las heces del recto por medio de la palpación transrectal para facilitar la introducción del transductor y asegurar la correcta visualización de los órganos reproductivos internos (9).

Figura 13. Plexo pampiniforme en carnero.



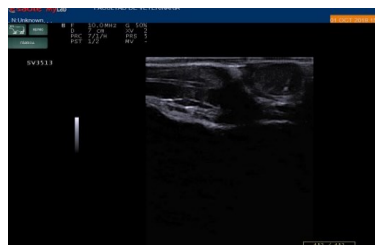
Fuente: (40).

Figura 14. Vesícula seminal en toro.



Fuente: (40).

Figura 15. Próstata en carnero.



Fuente: (40).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

4.2.1. Evaluación de carcasa animal por medio de la ultrasonografía

4.2.1.1. Área Ojo de Bife

Es la medida del área del músculo dorsal largo (*longissimus dorsi*) en centímetros tomada por ecografía entre la 12ª y 13ª costilla, con la colocación del transductor en forma perpendicular a la posición del animal. Es un fiel indicador de la calidad carnicera de la res y tiene correlación negativa con el engrasamiento: cuando aumenta la musculatura disminuye el engrasamiento y viceversa, lo que hace necesario un buen punto de equilibrio. A la vez, a mayor musculatura se obtiene mayor rendimiento en el gancho. El área de ojo de bife es una medida de mediana heredabilidad y tiene una alta correlación genética positiva con el porcentaje de cortes minoristas. Esto sugiere que es posible seleccionar los reproductores de mayor AOB y lograr un incremento paralelo del porcentaje de cortes minoristas (14).

4.2.1.2. Grasa de Costilla

Es la medida en milímetros de grasa subcutánea tomada por ecografía entre la 12ª y la 13ª costilla. El espesor de grasa dorsal debe ser medido en partes del ancho del área de ojo de bife, considerando que el inicio de este se encuentra próximo a la columna vertebral. Esta imagen debe tomarse con el transductor en forma perpendicular a la posición del animal, utilizando una guía para apoyar el transductor y poder de esa manera seguir la curvatura de las costillas, tener un buen contacto y obtener una buena calidad de imagen. Esta medida se encuentra entre las de mediana heredabilidad y tiene una baja correlación genética con el porcentaje de grasa intramuscular y una alta correlación genética negativa con el porcentaje de cortes minorista. Estas variables indican que para mediana correlación genética pueden seleccionarse reproductores genéticamente superiores y lograr en breve tiempo un progreso razonable para las próximas generaciones; para baja correlación genética pueden seleccionarse reproductores con mayor porcentaje de grasa intramuscular sin necesidad de



Atribución-NoComercial

CC BY-NC

incrementar el espesor de grasa dorsal y para correlación genética negativa pueden seleccionarse reproductores de menor espesor de grasa dorsal, logrando un incremento paralelo del porcentaje de cortes minoristas (44).

4.2.1.3. Grasa de Cadera

Es la medida en milímetros tomada por ecografía en el anca entre el cuadril y la cuadrada, en la unión de los músculos bíceps femoral y glúteo medio. Es el primer punto de deposición de tejido graso debajo de la piel. La imagen debe tomarse desde la punta del hueso de la cadera hacia la región de la cola. Este dato puede ser útil para predecir el porcentaje de cortes minoristas en animales más magros, es decir, que tienen menos grasa dorsal a la altura de la 12ª costilla. Esta medida es de suma importancia en sistemas pastoriles dado que en algunos casos los animales no han acumulado la suficiente grasa dorsal. Es un patrón de mediana heredabilidad y tiene una alta correlación genética positiva con el espesor de grasa dorsal: esto permite seleccionar reproductores de menor espesor de grasa de cadera lográndose un incremento paralelo del porcentaje de cortes minoristas (44).

4.2.1.4. Aplicaciones

Aplicado específicamente a la determinación del grado de gordura de animales destinados a faena, permitiendo la optimización de los recursos forrajeros a fin de no alimentar de más a aquellos animales que ya poseen el grado de terminación justo para ser comercializados. Igualmente, para la selección de reproductores, pudiendo observar a modo de diagnóstico un rango de variación suficientemente grande entre los animales medidos (45). Las mediciones de grasa de cadera, grasa dorsal y área de ojo de bife permiten seleccionar aquellos animales con mejor aptitud carnicera, mayor rendimiento de cortes y mayor rendimiento a la faena.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

Adicionalmente, estas características carniceras son de alta o moderada heredabilidad, por lo que, con un trabajo adecuado, los rodeos llegarían a mejorar en corto plazo (44).



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

5. Consideraciones

En la práctica bovina, la ecografía se ha convertido en una importante herramienta de diagnóstico para evaluar el sistema reproductivo. Con la ayuda de la tecnología de ultrasonido, es posible ver la totalidad del sistema de una manera no invasiva (10). Es importante entender los conceptos básicos de la ultrasonografía para la realización de diagnósticos precisos. La calidad de las imágenes depende sobre todo de la experticia del profesional al manipular los controles del instrumento y de la comprensión que se tiene sobre la relación existente entre la onda de ultrasonido y el tejido del órgano. Teniendo en cuenta que en los últimos años la ultrasonografía ha tenido gran impacto como herramienta utilizada en programas biotecnológicos como esquemas de superovulación, de sincronización de celos e inseminación artificial, transferencia de embriones y aspiración de folículos para fertilización in vitro, podemos confirmar que el uso de esta técnica continuara a aumentar la información necesaria para establecer protocolos pertinentes de Bienestar y producción animal, benéficos para el desarrollo de la ganadería en Colombia.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

6. Conclusiones

- Desde la óptica de la Medicina Veterinaria el uso de la ultrasonografía como herramienta de diagnóstico aumenta el valor de los servicios de una clínica veterinaria, así como una mejor visualización de la clínica hacia su clientela; desde el punto de vista de la Zootecnia esta herramienta permite minimizar el impacto que las prácticas pecuarias tienen sobre el medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las especies animales que son explotadas técnicamente.
- La ultrasonografía diagnóstica es una herramienta rápida no invasiva aportando bienestar al animal, pudiendo hacer una evaluación completa de los cambios morfológicos y patológicos de los órganos reproductores en el ganado.
- Para un mayor entendimiento de los estudios sobre el cuerpo del animal y de su canal, la ultrasonografía es una herramienta importante, además de versátil dada su excelente portabilidad.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

7. Referencias Bibliográficas

1. FEDEGAN 2018. Ganadería Colombiana Hoja de Ruta 2018 - 2022 [Internet]. Hoja De Ruta 2018 - 2022. 2018. 126 p. Available from: http://static.fedegan.org.co.s3.amazonaws.com/publicaciones/Hoja_de_ruta_Fedegan.pdf
2. Uribe et al. 20112011 U et al.. Buenas Practicas Ganaderas.pdf.
3. Eduardo C, Leal G. 1 23 De Enero De 2019. 2019;1–35.
4. Páez-Barón EM, Corredor-Camargo ES. Evaluación de la aptitud reproductiva del toro. Cienc Y Agric. 2014;11(2):49.
5. Colazo M, Kastelic J. Aspectos básicos y aplicados del uso de la ultrasonografía en el manejo reproductivo del ganado bovino. 2014;(April):22.
6. Bo GA. Ultrasonografía reproductiva en el ganado bovino. Csas Agrop, UC Córdoba [Internet]. 2000;1(2):23–39. Available from: www.produccion-animal.com.ar
7. Sofía E, Camargo C, Manuel E, Barón P. Aplicaciones de la ultrasonografía en la reproducción bovina revisión. Cienc y Agric. 2012;9(2):29–37.
8. Curran S, Pierson RA, Ginther OJ. Ultrasonographic appearance of the bovine conceptus from days 10 through 20. J Am Vet Med Assoc. 1986;189(10):1289–94.
9. Gnemmi G. La ultrasonografía en los programas de sincro- nización. 2018;(July).
10. Giraldo E. C. Principios básicos de ultrasonografía veterinaria. Rev MVZ Córdoba. 2003;(2):303–9.
11. Canete JJ, Chandler NM, Callery MP. Ultrasonography. Laparosc Surg Princ Proced Second Ed Revis Expand. 2004;77–85.
12. Gutiérrez Lizarazo D, Báez Sandoval G. La ultrasonografía en bovinos. Respuestas. 2014;19(1):99–106.
13. Bellenda O. La Ecografía Aplicada a Lla Reproducción En Especies De Interés Productivo. 2003;1–7. Available from: www.produccion-animal.com.ar
14. Angel L, Arias Q, Becerra JJ. Ecografía y reproducción en la vaca. 2006;(May 2016).
15. Espinal CF, Covalada HM, Amézquita. JE. La Cadena Ovinos Y Caprinos En Colombia. Min Agric y Desarro Rural Obs Agro cadenas Colomb [Internet]. 2006;(58):40. Available from: <http://www.agrocadenas.gov.co/agrocadenas@iica.int>
16. Blanco Roa NE, Huba J, Hetényi L, Oravcová A. Estimación in vivo de la composición de la canal en Bovinos utilizando mediciones Ultrasonograficas. Univ Rev Científica la UNAN León. 2008;2(1):58–63.



Atribución-NoComercial
CC BY-NC

17. Velásquez M. LAÁF. Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú. *Acta Agronómica*. 2004;53(3):61–8.
18. Barlund CS, Carruthers TD, Waldner CL, Palmer CW. A comparison of diagnostic techniques for postpartum endometritis in dairy cattle. *Theriogenology*. 2008;69(6):714–23.
19. Teira G, Perlo F, Bonato P, Tisocco O. Calidad de carnes bovinas. Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. *Ciencia, Docencia y Tecnol*. 2006;17(33):173–93.
20. Vallejo et al. Predicción Composición Tisular En Asturiana De Los Valles.Pdf.
21. Brito G, Manuel J, Lima S De, Julián RS, Montossi F. Métodos para predecir el rendimiento carnicero de una canal vacuna. 2011;10–2.
22. Murillo JAO, ; Santiago Berrío Rosales RB. Uso de la ultrasonografía en tiempo real para la estimación de la deposición de grasa y rendimientos de canales bovinas cebuinas provenientes de diferentes fincas de Colombia. *CES Med Vet y Zootec*. 2010;5(1):36–44.
23. Pierson RA, Kastelic JP, Ginther OJ. Basic principles and techniques for transrectal ultrasonography in cattle and horses. *Theriogenology*. 1988;29(1):3–20.
24. Ferreira JC, Ignácio FS, De Meira C. Doppler ultrasonography principles and methods of evaluation of the reproductive tract in mares. *Acta Sci Vet*. 2011;39(SUPPL. 1).
25. Fricke PM. Scanning the future - Ultrasonography as a reproductive management tool for dairy cattle. *J Dairy Sci*. 2002;85(8):1918–26.
26. Castro NM, Álvarez ÓM, Huerta MG, Andrade ÉH. Principios físicos, metodológica, consistencia y seguridad del ultrasonido Doppler en la evaluación fetoplacentaria. *Ginecol Obstet Mex*. 2007;75(10):621–9.
27. Rodríguez-Zamora A, Abuelo Sebio A, Béjar González J, Cazapal Monteiro C, López L, Pérez A, et al. El uso de la ecografía Doppler color en la reproducción. *Albóitar publicación Vet Indep*. 2012;(154):8–10.
28. Hendricks KEM, Bartolome JA, Melendez P, Risco C, Archbald LF. Effect of repeated administration of PGF₂ α in the early post partum period on the prevalence of clinical endometritis and probability of pregnancy at first insemination in lactating dairy cows. *Theriogenology*. 2006;65(8):1454–64.
29. Echeverría L. Ecografía como técnica diagnóstica. *Rev Inv Vet Perú* [Internet]. 2001;12(2):185–6. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rivep/v12n2/a23v12n2.pdf>
30. Hernández V, Felipe A. Determinación ultrasonográfica de la prevalencia de las alteraciones del tracto reproductivo de hembras bovinas mayores de 3 años en el



municipio de Florencia. Rev Electron Vet. 2017;18(6).

31. Harrison H, Holm J. THE RELATIONSHIP OF THE INTERVAL FROM BREEDING TO UTERINE PALPATION FOR PREGNANCY DIAGNOSIS WITH CALVING OUTCOMES IN HOLSTEIN COWS. 1995;246(95):1–70.
32. Pieterse M. Aplicaciones En Diagnóstico Y. Taurus. 1999;1(1):18–23.
33. González T. M, Oviedo S, T, Vergara G O. Correlación entre la estimación de la edad de gestación por palpación rectal y la edad de gestación real en la vaca. Rev Colomb Cienc Anim - RECIA. 2017;9(1):89.
34. Wilfredo Huanca L. Inseminación artificial a tiempo Fijo En Vacas Lecheras. Rev Investig Vet del Peru. 2001;12(2):161–3.
35. Momont H. Rectal palpation: Safety Issues. Bov Pract. 1990;25(25):122–3.
36. Chacon J. Evaluacion Ultrasonografica Del Contenido Escrotal Durante El Examen Andrologico En Toros Bajo Condiciones De Monta Natural Y Manejo Extensivo. 2013;(August):2012–3.
37. Ruíz Sesma B, Ruiz Hernández H, Mendoza Nazar P, Oliva Llaven M, Gutiérrez Miceli F, Rojas Martínez R, et al. Caracterización reproductiva de toros Bos taurus y Bos indicus y sus cruzas en un sistema de monta natural y sin reposo sexual en el trópico Mexicano. Rev Científica UDO Agrícola. 2010;10(1):94–102.
38. BCF Technology L. Reproducción bovina Libro de ultrasonido. 2012;1–16.
39. Boyd and S. N. Omran. tho College. 1991;(May).
40. Palomino PM. La ecografía en la reproducción del ganado vacuno extensivo y de lidia. AxoncomunicacionNet [Internet]. 2013;48–53. Available from: http://www.axoncomunicacion.net/criaysalud/revistas/32/cys_32_48-53_Ecografia_reproduccion_ganado_vacuno_extensivo_lidia.pdf
41. Tomlinson M, Jennings A, Macrae A, Truysers I. The value of trans-scrotal ultrasonography at bull breeding soundness evaluation (BBSE): The relationship between testicular parenchymal pixel intensity and semen quality. Theriogenology [Internet]. 2017;89:169–77. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.theriogenology.2016.10.020>
42. Silva M, Pedrosab V, Silvac J, Herrerad L, Elerb J, Albuquerquea L. Parámetros genéticos de las características andrológicas en la especie bovina Genetic parameters of andrological traits in bovine. Arch Med Vet. 2012;44(1):1–11.
43. Vera O. Estudio Ultrasonográfico del Aparato Reproductor del Toro. 2014;7–8.
44. Daniel J, Ángel M, Fernández. Estudio De Características De Carcasa Por Ultrasonido : Medir Para Creer. 2007;23(58):12–3.
45. Chapwanya, A., Callanan, J., Larkm, H., Kecrian, L. y Vaughan L 2008. Breeding



Atribución-NoComercial

CC BY-NC

sounclness evaluation of bulls. 2008.

46. Urueña M. Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial- CompartirIgual 4.0 Internacional. 2020; Available from: https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/18475/2/2020_plan_estratégico_empresa.pdf



Atribución-NoComercial
CC BY-NC