



Libertad y Orden
República de Colombia
Ministerio de Agricultura y
Desarrollo Rural

UN PRODUCTO



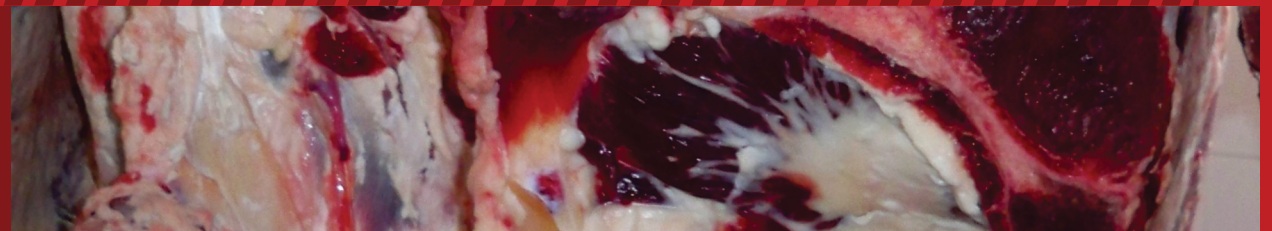
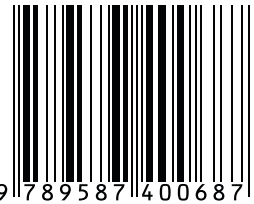
www.corpoica.org.co



USO DEL ULTRASONIDO EN TIEMPO REAL (UTR) EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA



ISBN: 978-958-740-068-7





Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias
República de Colombia

Uso DEL Ultrasonido en Tiempo Real (UTR) EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA

MANUAL TÉCNICO

Autores:

*Marcela Ríos Rodríguez¹, Jaime Urdapilleta Tarouco²,
Germán Afanador Téllez³, Rolando Barahona Rosales⁴*

Agosto de 2011

¹ Investigadora CORPOICA Tibaitatá

² Profesor Adjunto, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS- Brasil

³ Investigador CORPOICA Tibaitatá, Profesor Asociado Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá

⁴ Profesor Asociado, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

Ríos Rodríguez, Marcela; Urdapilleta Tarouco, Jaime; Afanador Téllez, Germán; Barahona Rosales, Rolando / Uso del Ultrasonido en Tiempo Real (UTR) en la producción de carne bovina. Colombia. Corpoica. 2011. 56 p.

Palabras clave: BOVINO, CALIDAD, ECOGRAFÍA, IMÁGENES, PRODUCCIÓN.



Departamento Administrativo de
Ciencia, Tecnología e Innovación
Colciencias
República de Colombia



© Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA

Línea de atención al cliente: 018000121515
atencionalcliente@corpoica.org.co
www.corpoica.org.co

ISBN: 978-958-740-068-7
CA: 17282
CUI: 1286
Primera edición: Agosto de 2011
Tiraje: 500 ejemplares
Edición: Marcela Ríos, Germán Afanador

Producción editorial:
Diagramación, impresión y encuadernación



www.produmédios.org

Diseño:  Dannhtte

Impreso en Colombia
Printed in Colombia

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	5
1. DESARROLLO HISTÓRICO Y PERSPECTIVAS DEL UTR EN GANADO BOVINO	7
2. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL ULTRASONIDO EN TIEMPO REAL (UTR)	9
2.1 Características del ultrasonido y parámetros que definen la onda acústica	11
2.2 Propiedades básicas del ultrasonido y los fenómenos responsables de su pérdida	13
2.3 Transductores de ultrasonido	17
2.4 Procesamiento de la señal y métodos de visualización	18
3. CLASIFICACIÓN DE LOS TEJIDOS PARA SU EVALUACIÓN ECOGRÁFICA	21
3.1 Imágenes de tejidos	21
3.2 Imágenes de líquidos	22
3.3 Terminología utilizada en ecografía	22
4. EQUIPOS DE ULTRASONIDO	25
5. CONDICIONES PARA LA EVALUACIÓN	27
5.1 Área del ojo de lomo y espesor de grasa dorsal	28
5.2 -P8 (grasa del anca) y profundidad del músculo glúteo medio	30
5.3 Marmoreo o grasa intramuscular (%)	31
6. CAUSA DE RECHAZO DE LAS IMÁGENES ECOGRÁFICAS	33
7. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA EVALUACIÓN DE LOS ANIMALES	39
8. CORRELACIONES GENÉTICAS Y HEREDABILIDADES EN LA EVALUACIÓN POR UTR	41
9. BENEFICIOS DEL USO DEL UTR EN LA EVALUACIÓN DE GANADO DE CARNE	45
GLOSARIO	49
BIBLIOGRAFÍA	53



INTRODUCCIÓN

Como resultado de la globalización de los mercados, los productos de la cadena cárnica bovina Colombiana deberán en el inmediato futuro competir en los mercados nacionales e internacionales no solamente por su productividad, sino además por la calidad organoléptica e inocuidad de sus productos y el uso de procesos de producción de bajo impacto ambiental y de amplio beneficio social. Así, el uso eficiente de los recursos forrajeros y la generación de productos de alta calidad organoléptica y sin residuos con riesgo para la salud humana y animal serán los factores que le permitirán al empresario ganadero Colombiano, no solo competir exitosamente en el contexto de los nuevos mercados, sino además contribuir a que el consumidor colombiano tenga a su disposición productos de alta calidad a un precio altamente competitivo en un mercado mundial caracterizado por una demanda creciente de carnes y cortes de bajo precio y la reducción de las comidas fuera de casa, lo cual ha reducido globalmente el precio del ganado vacuno

Dentro de las nuevas oportunidades para el sector ganadero colombiano, se cuenta que una gran parte del país ha sido declarada por la OIE (*Organización Internacional de Epizootias*) como una zona libre de fiebre aftosa con vacunación. A su vez, como consecuencia del crecimiento demográfico y el aumento de los ingresos a nivel universal, la demanda por productos animales se prevé registrará un incremento mayor que la esperada para la mayoría de los productos alimenticios de origen animal. Así, la producción mundial de carne se duplicará, elevándose de 229 millones de toneladas en 2001 a 465 millones de toneladas en 2050, crecimiento que tendrá lugar en su mayor parte en países en desarrollo como: China, India y Brasil (FAO, 2006).

En el contexto regional, Colombia ha venido trabajando para perfilarse como un país con amplias posibilidades para insertarse en estos mercados, meta que impone nuevos retos para las empresas ganaderas. De tal forma que la calidad y el tipo de carne adquieren especial relevancia, ello sin dejar de lado factores socio-económicos que se refieren a la eficiencia de producción. A ello hay que agregarle el control sanitario, al que el país se verá sometido, no solo sobre la enfermedad de la fiebre aftosa, sino también sobre otras enfermedades de obligatorio control que sin duda condicionarán la colocación del producto en el exterior.

La necesidad de implementar un sistema funcional basado en los valores de comercialización ha conducido a un mayor interés por el desarrollo de métodos objetivos para evaluar con precisión los atributos de la canal en animales vivos. En las últimas décadas se han investigado diferentes metodologías que han tenido un enfoque práctico, exacto, de bajo

costo y de aceptabilidad pública, garantizando de alguna forma, el confort del animal y la no presencia de residuos nocivos. En este contexto, el ultrasonido en tiempo real (UTR) es importante ya que es una forma rápida repetible, económica, y no invasiva de medir las características de la canal, sin necesidad de sacrificar el animal y es una herramienta útil para la evaluación de las características corporales del ganado, la cual puede ser utilizada para seleccionar animales con un grado ideal de acabado, mayor porcentaje de grasa intramuscular, más cantidad de músculo, mayor peso corporal y mayor porcentaje de cortes comerciales, para mejorar integralmente la calidad de la carne.

En la actualidad los productores de carne bovina deben mejorar la información disponible e incrementar las tecnologías de producción para dar valor agregado a sus ganados. En el marco de esta meta y desde la década pasada, varias asociaciones de criadores de ganado principalmente en Estados Unidos y Australia, están utilizando el UTR para la evaluación, selección y comercialización de sus ganados. En Suramérica y durante los últimos seis años, países como Brasil, Uruguay y Argentina han venido implementando esta tecnología, destacándose el liderazgo de la Asociación Angus Argentina, mediante procesos de adopción y adaptación de los protocolos de la Universidad Estatal de Iowa. En Colombia se están dando los primeros pasos en la aplicación del UTR. Instituciones como CORPOICA, ASOCEBÚ, la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad de Antioquia están desarrollando investigaciones en este campo dirigidas a su aplicación teniendo como referencia los mercados internacionales de la carne. En este documento se cubren aspectos conceptuales y de fundamentación del uso de UTR y se resumen algunos de las experiencias realizadas en ganaderías de carne y doble propósito, en el marco de un proyecto de investigación financiado por COLCIENCIAS.

1. DESARROLLO HISTÓRICO Y PERSPECTIVAS DEL UTR EN GANADO BOVINO

Los inicios del ultrasonido se remontan a finales del siglo XIX cuando Pierre Curie en 1890 descubre la piezoelectricidad. El efecto piezoeléctrico es la capacidad de transformar, por una parte, la energía eléctrica en ondas ultrasónicas y, por otra, la energía de vibración transmitida, por el rebote de las ondas ultrasónicas, en energía eléctrica. En el año de 1917, el físico Paúl Langerin utilizó este descubrimiento para diseñar un método de detección de submarinos, el cual fue muy utilizado durante la Segunda Guerra Mundial, con la fabricación del primer modelo de sonar. En los años de 1920 a 1940, la industria metalúrgica utilizó la piezoelectricidad para el control de calidad de los materiales y especialmente para detectar los defectos de fabricación. Pero no fue sino hasta la primera mitad del siglo XX, cuando surgieron las primeras aplicaciones médicas del ultrasonido, gracias a los esfuerzos de Wood y Loouris en 1927.

El primer sistema para inspeccionar el abdomen y las cavidades se basó en una técnica similar al sonar: un transductor de ultrasonidos, para cuyo uso el paciente se sumergía en el agua y el transductor se movía en círculo alrededor de él. En la actualidad, los transductores que se utilizan son los denominados de contacto, modelo que permite colocar el transductor directamente sobre el paciente, evitando el uso de agua para la transmisión de las ondas de ultrasonido. Muy rápidamente, primero en el hombre en la década de los 60 y luego en los animales, el desarrollo y crecimiento de la ecografía o ecotomografía fue exponencial, gracias a las mejoras aportadas permanentemente por los fabricantes, así como a los múltiples trabajos de investigación e innovación efectuados alrededor del mundo.

El primer trabajo que existe sobre la aplicación de ultrasonido en Estados Unidos, para la evaluación de animales vivos, se sitúa en la Universidad del Estado de Colorado. Las imágenes del hígado de un felino, a inicios de la década de los cincuenta fueron las vistas ultrasonográficas más primitivas de que se tiene mención. El desarrollo del ultrasonido evolucionó de manera paralela a la Medicina Humana y Veterinaria, es así como en 1956 se publicó en la Universidad Estatal de Colorado la primera evaluación en bovinos donde se midió la grasa dorsal utilizando un aparato de ultrasonido llamado Sonoscopio el cual había sido usado previamente por el médico Douglas Howry en el Medical Center de la misma Universidad. Por esa misma época en Europa se usó un equipo de detección de flujo de metales por ultrasonido en modo A, para medir la grasa dorsal en cerdos.

Para el año 1959, en el Departamento de Producción Animal de la Universidad de Cornell, James R. Stouffer midió además de la grasa dorsal, el área y la profundidad del ojo del lomo con un equipo llamado Reflectoscopio en Modo A, con un rudimentario y complejo transductor. A mediados de los años 60 se desarrolló el sistema de escaneo en Modo B y se mejoraron los transductores que adaptados con guías intercambiables podían acoplarse a las curvas corporales de cerdos y bovinos, además del desarrollo de una guía recta para otras aplicaciones. También se hicieron los primeros estudios de inocuidad de la aplicación del ultrasonido, con estudios realizados en testículos de conejos y toros. Además se determinó preñez en ovejas y cerdos y las primeras evaluaciones de grasa en caballos, para evaluar el efecto del ejercicio en la composición corporal. En los años 1969 y 1970 se desarrolló el escanograma y fue este el aparato más avanzado en la década de los 70 para su uso en la producción animal.

En 1977, Stouffer y Westervelt publicaron la primera revisión de las aplicaciones del ultrasonido. Con el desarrollo de equipos del tipo UTR se minimizó el tiempo para producir, congelar y guardar una imagen y se eliminó una de las mayores limitaciones de la técnica de ultrasonido en Modo B, la cual fue el movimiento del animal que producía imágenes poco confiables. Igualmente con la invención de transductores lineales de un mayor tamaño y diseño apropiado (12.5 cm y 3.5 MHz) para la evaluación animal, del cual fue desarrollado por James R. Stouffer en 1984, se obtuvo un mejor desempeño en la evaluación del área del ojo de lomo en porcinos y ovejas. Sin embargo, este transductor seguía siendo pequeño para la evaluación de los bovinos, optándose por el desarrollo de una técnica de cortar y pegar imágenes para poder medir el área del ojo del lomo. Este problema se solucionó en 1989 con la invención del transductor de 17.2 cm que da una mayor precisión en la medida del músculo de los bovinos; además de su amplia aplicación comercial en la selección genética de animales puros.

Otras mejoras más recientes han estado asociadas con el desarrollo de las cintas de video para grabar las imágenes y luego trazar las medidas en un monitor y con la aparición de los computadores portátiles, tarjetas de video y desarrollo de soporte lógico (software) se pudo analizar de forma segura y rápida las imágenes en el sitio de evaluación. Todo esto permitió el desarrollo de un programa llamado Carcass Value Technology (CVT) cuyo software permite evaluar el espesor de grasa y la profundidad del músculo en menos de un segundo, pudiéndose evaluar a escala el proceso con alrededor de 1200 animales por hora desde 1998. El software más recientemente desarrollado estima el marmoreo en los animales vivos.

2. PRINCIPIOS BÁSICOS DEL ULTRASONIDO EN TIEMPO REAL (UTR)

El ultrasonido es una representación bidimensional de un objeto tridimensional que refleja la anatomía de los animales en cortes transversales y que permiten identificar los tejidos y órganos internos. Actualmente, en humanos se utiliza un tipo de ultrasonido tridimensional y de cuarta dimensión si se agrega el tiempo, que permite evaluar los tejidos en numerosos planos y volúmenes, instrumento muy utilizado en obstetricia.

Las ondas de ultrasonido se pueden definir como un haz de ondas mecánicas, generalmente longitudinales, originadas por la vibración de un cuerpo elástico y propagadas por un medio material y cuya frecuencia supera los 20.000 ciclos/s (20 Hz), más allá del sonido audible por los seres humanos y se encuentra en un rango de un millón a diez millones de ciclos/s (entre 1 y 10 MHz) (Figura 1).

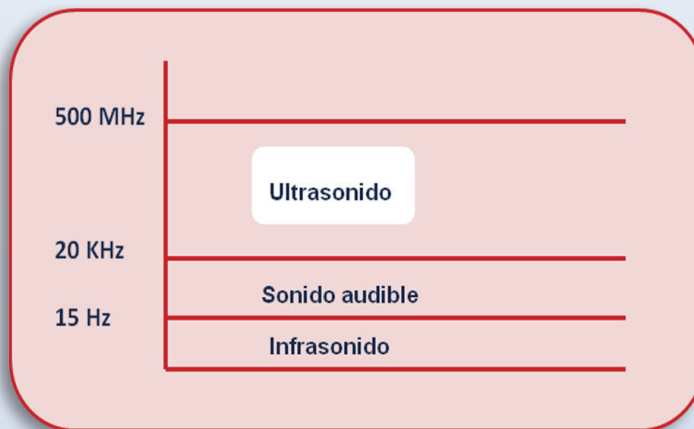


Figura 1. Clasificación del sonido de acuerdo a la frecuencia

Se denominan ondas ultrasónicas a aquellas ondas de presión de una frecuencia superior a la audible por el oído humano (por encima de los 20,000 Hz). La propagación de este tipo de ondas está ligada a la existencia de moléculas y por lo tanto, a la materia. En los tejidos blandos y en los líquidos, estas ondas se propagan en forma longitudinal produciendo vibraciones de grupos de moléculas que conducen al aumento y disminución de la presión, denominada por Pascal como Presión Acústica (Figura 2).

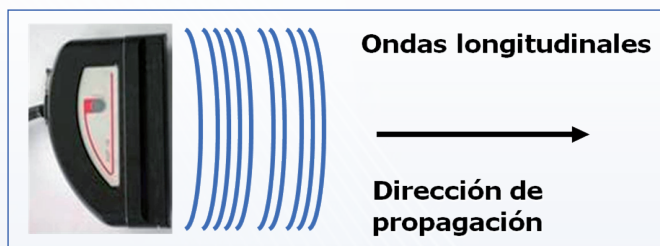


Figura 2. Dirección de la propagación de ondas emitidas por un transductor

Los ultrasonidos son generados por el transductor, el cuál contiene uno o más cristales con propiedades piezoeléctricas. Esto quiere decir que, al ser sometidos a una corriente eléctrica alterna, vibran y emiten ultrasonidos de una frecuencia característica, con ondas de baja intensidad y de alta frecuencia. Al aplicar el transductor sobre la superficie de un animal, las ondas de sonido viajan a través de los tejidos. A medida que avanzan, parte de ellas serán reflejadas en forma de ecos. La fuerza de las ondas que retornan comprimen y expanden los cristales, los cuales producen una señal eléctrica que será analizada y transformada en sonidos audibles y amplificados (efecto Doppler), en una imagen unidimensional de amplitudes de eco, para varias profundidades, por medio de diodos emisores de haces lumínicos (ecografía tipo A o ultrasonografía de amplitud profunda) o en imágenes bidimensionales o puntos en una pantalla (ecografía tipo B, o ultrasonografía de tiempo real o de imagen directa). Un sistema informático permite copiar las informaciones recogidas por la sonda en códigos binarios que son interpretados por un microprocesador. De la finura de la codificación va a depender la definición de la imagen digitalizada. A está capacidad de los cristales de transformar energía eléctrica en mecánica y viceversa se le denomina efecto piezoeléctrico (Figura 3).

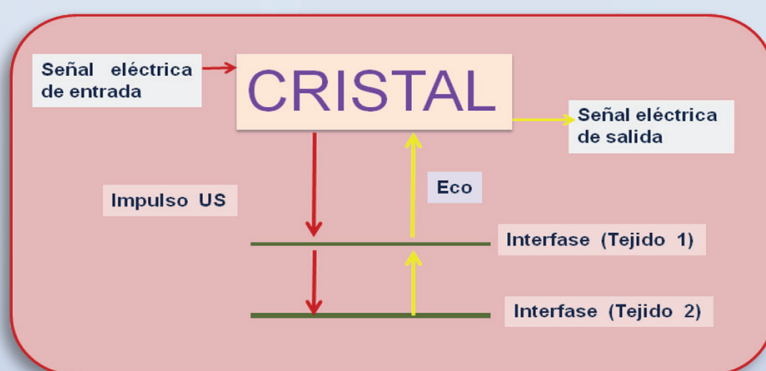


Figura 3. Efecto piezoeléctrico: los cristales transforman la energía eléctrica en mecánica (ultrasonidos) y viceversa

Los ultrasonidos no reflejados seguirán avanzando a través de los tejidos para seguir enviando información de zonas más profundas. Los cristales piezoeléctricos actúan por tanto como emisores y receptores de ultrasonidos.

- 2.1 CARACTERÍSTICAS DEL ULTRASONIDO Y PARÁMETROS QUE DEFINEN LA ONDA ACÚSTICA

Los pulsos del ultrasonido tienen muchas características físicas que deben ser consideradas por los usuarios con el objeto de ajustar los procedimientos para obtener las imágenes en diferentes aplicaciones. Las características más importantes son: la frecuencia, la velocidad, la amplitud y el tamaño. La frecuencia debe ser cuidadosamente seleccionada para obtener un balance entre el detalle de la imagen y la profundidad de penetración. En general altas frecuencias producen unas imágenes de calidad, pero la penetración en los tejidos es marginal.

La velocidad determina la profundidad de localización de los tejidos en el cuerpo y la velocidad con que viaja el sonido está determinada por las características del material y no por las características del sonido. Todos los sonidos, ya sean audibles o ultrasonidos, son ondas de precisión que se repiten a lo largo del tiempo. Como toda onda, las sonoras se caracterizan por los siguientes parámetros que se muestran en la Figura 4:

- a) *Dirección de propagación (o rayo)*: Los sonidos se propagan como ondas longitudinales, siguiendo un eje de propagación en diferentes medios: gases, líquidos o sólidos. Cada onda corresponde a una sucesión alternada de fases de compresión y descompresión que varían en función de la elasticidad del medio.

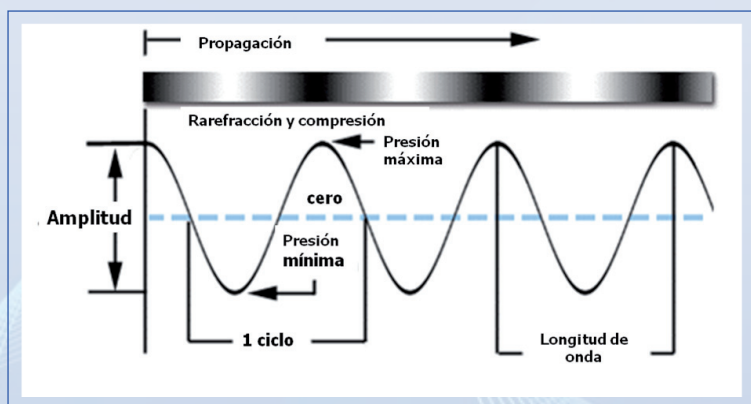


Figura 4. Características de las ondas de sonido. Tomado de http://www.dfmf.uned.es/actividades/no_reglada/imagen_medica/ultrasonidos_IMD2002.pdf

- b) *Frecuencia (f)*: El tiempo que transcurre entre dos instantes consecutivos en que las condiciones de perturbación del medio transmisor son iguales, se denomina período (T). La frecuencia es el número de períodos en la unidad de tiempo y se mide en Hertz (Hz). En los equipos ecográficos los ultrasonidos utilizados van desde las frecuencias de 1 a 10 Megahertz (MHz). Todo sonido superior a 20 kHz, se le denomina ultrasonido. Esta clasificación aparentemente arbitraria se debe a que como ya se indicó, el oído humano puede detectar sonidos de frecuencias hasta de 20 kHz.
- c) *Longitud de onda*: Es la distancia entre dos puntos ubicados en la trayectoria de la onda que presentan igual vibración (o que vibran en igual fase). En toda onda, su frecuencia y su longitud de onda son inversamente proporcionales. De esta manera, mientras más elevada es la frecuencia de una onda, necesariamente su longitud de onda es más corta (pues el producto de ambas es constante para el mismo medio). Cuanto más corta es la longitud de onda, mejor definición tendrá la imagen ecográfica, ocurriendo lo inverso, cuando se utilizan equipos con bajas frecuencias. Los tejidos orgánicos representan un medio complejo y las ondas de ultrasonidos sufren una serie de modificaciones, que conducen a la atenuación del sonido. La *atenuación* en ecografía se define como la disminución de la intensidad de las ondas de ultrasonido que se produce a medida que estas atraviesan los tejidos orgánicos. Esta atenuación se produce a razón de 1 dB/cm/MHz, y es la cantidad de energía (dB/cm) perdida por una onda ultrasónica de 1 MHz de frecuencia, en el curso de su propagación a través de un grosor de 1 cm de un material determinado. A mayor frecuencia, menor penetración en los tejidos, 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 ultrasonidos. La propagación de las ondas ultrasónicas se efectúa en línea recta y sigue las mismas reglas de la onda óptica. Cada medio se caracteriza por una impedancia acústica “Z” es decir, por una tendencia mayor o menor a frenar la propagación de los ultrasonidos, que la atraviesan. La superficie de separación entre dos medios de impedancias acústicas distintas se llama interface acústica.
- d) *Velocidad de propagación*: rapidez con la cual se produce la transmisión del cambio de posición de equilibrio de una partícula, a su vecina. La velocidad de propagación en el tejido graso es de 1476 m/s, en el tejido conectivo de 1545, en el músculo esquelético longitudinal de 1592, en el músculo esquelético transversal de 1545 m/s, mientras la calibración del escáner se realiza a 1540. La velocidad de transmisión de una onda ultrasónica en un medio resulta ser independiente de la intensidad ó cantidad de energía transmitida. La velocidad de transmisión del sonido varía según el tipo de tejido. Los tejidos animales tienen distintas densidades, caracterizadas por la diferencia de velocidad en la propagación de las ondas a través de ellos. Cuanto mayor densidad del tejido, mayor la velocidad de transmisión de onda. Estas diferencias permiten el uso de ultrasonidos para caracterizarlos (Tabla 1).

Tabla 1. Velocidad de las ondas de Ultrasonido en los diferentes tejidos animales

Medio	Velocidad, m/s
Aire	330
Agua	1.500
Grasa	1.430
Musculo	1.620
Tejido Blando	1.540
Hueso	3.500

- **2.2 PROPIEDADES BÁSICAS DEL ULTRASONIDO Y FENÓMENOS RESPONSABLES DE SU PÉRDIDA**

De los ultrasonidos emitidos inicialmente por el transductor, una parte importante se pierde por los fenómenos de *reflexión*, *refracción*, *dispersión* y *absorción* en el paso de un tejido orgánico a otro con diferentes características.

- **La reflexión:** La reflexión de las ondas ultrasónicas se produce cuando éstas pasan de un tejido determinado a otro de diferente densidad. La diferencia de densidad que existe entre los tejidos a cada lado de la interface determina la cantidad de ondas que son reflejadas. Cuando una onda ultrasónica pasa de un medio a otro, una parte de la energía incidente es reflejada.
- **Reflexión Especular:** Sucede cuando el haz reflejado tiene una dirección única y bien definida con respecto a la interface. Esto se da cuando la interface es plana, como la reflexión proveniente de grandes interfaces, como son: la capa de grasa del tejido subcutáneo y el músculo (Figura 5).
- **Reflexión Difusa:** Ocurre cuando el haz incide sobre una superficie rugosa y produce haces reflejados en todas las direcciones (Figura 6).
- **Dispersión:** Se produce cuando el haz se encuentra con objetos cuyo tamaño es menor o igual a la longitud de onda y entonces las ondas que son dispersadas viajan en todas las direcciones. Los ecos que produce son más débiles que los provenientes de la reflexión, por ejemplo la dispersión proveniente de pequeñas interfaces como es la grasa intramuscular (Figura 6).

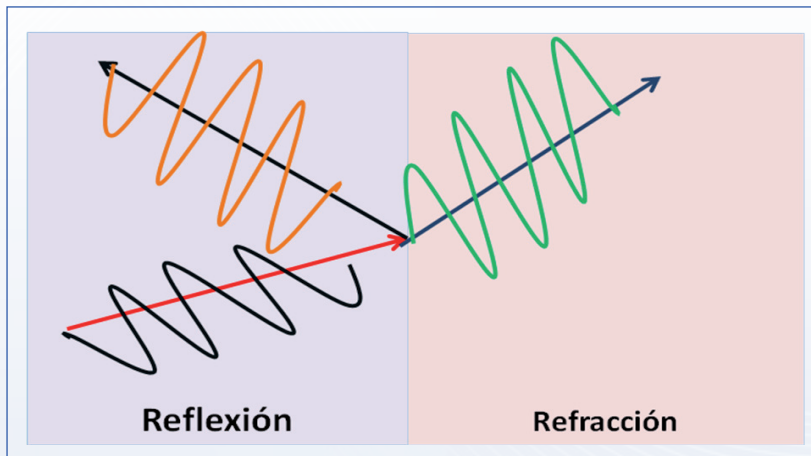


Figura 5. Propiedades Básicas del Ultrasonido: reflexión y refracción

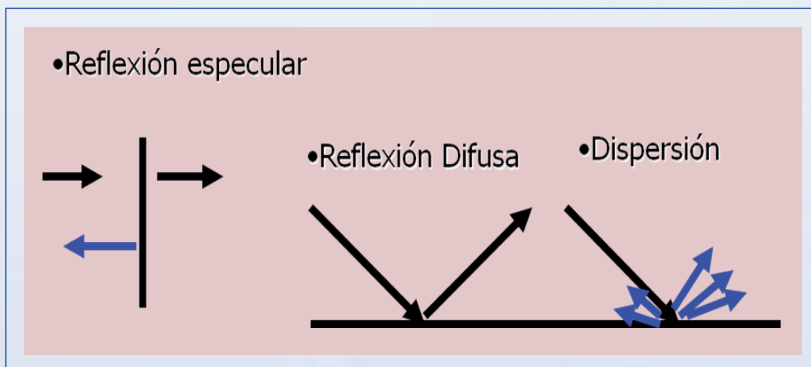


Figura 6. Representación grafica de los tipos de reflexión (especular y difusa) y de la dispersión

Las características de la reflexión en la interface de dos medios dependen de la diferencia entre las impedancias acústicas de ambos. Por ejemplo, para una interface grasa-músculo, sólo el 1,5% de la energía incidente es reflejada. Sin embargo, los ecos son de suficiente amplitud para ser detectados. La mayor parte de la energía es transmitida a través de la interface y se puede explorar estructuras más profundas. En cambio, el aire o el hueso, cuyas impedancias acústicas son muy diferentes a las de los tejidos blandos, se reflejan muy intensamente y representan obstáculos, para la propagación de los ultrasonidos. En general, la máxima información se obtiene cuando la diferencia de densidad es del 1% o menos. En el otro extremo, la diferencia de densidad es tan grande que el paso de los ultrasonidos es bloqueado como ocurre con el aire y el hueso.

Un *eco* se genera en una interface entre dos medios de diferente impedancia y cuanto mayor es la diferencia mayor es el eco. De donde se puede inferir que cuando el haz se encuentra en una interface y uno de los medios es aire se producirá una onda reflejada de gran amplitud y una onda transmitida de baja amplitud. Por este motivo, en condiciones prácticas para el acoplamiento del transductor a la piel se emplea aceite o gel, porque debido a la diferencia de interface aire-tejido refleja más del 99% de la energía ultrasónica, mientras que en la interface agua-tejido se refleja menos del 1 % (Tabla 2).

Tabla 2. Impedancia acústica, acoplamiento del transductor

Acoplamiento del traductor

Medio	Velocidad, m/s
Aire	0.0004
Grasa	1.38
Aceite	1.40
Agua	1.54
Músculo	1.70

Interface aire/tejido: 99%

Agua/tejido: -1%

La *impedancia* “Z” de un medio se puede calcular como el producto de su densidad (ρ) por su velocidad de transmisión de las ondas sonoras. Para obtener una imagen de buena calidad, el haz incidente debe ser lo más perpendicular posible a la interface, sin lo cual la onda reflejada no llega al transductor y se pierde.

$$\text{Impedancia} = \text{Densidad del tejido} \times \text{Velocidad}$$

Algunos cambios en la trayectoria del haz incidente durante la interface son:

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

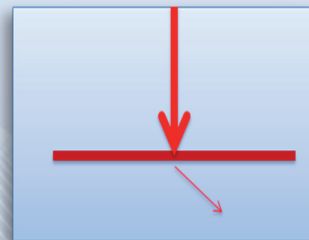
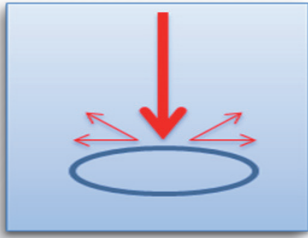
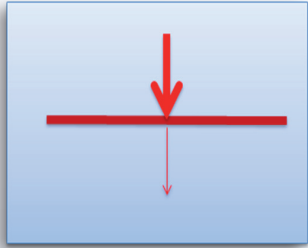


Figura 7. Esquema de la refracción de los ultrasonidos



Dispersión: Reflexión de los ecos en múltiples direcciones al chocar los ultrasonidos con una superficie pequeña e irregular.

Figura 8 Dispersión de los ecos en múltiples direcciones



Absorción: La energía es absorbida por los tejidos y convertida en calor, produciéndose una pérdida constante de intensidad.

Figura 9 Absorción de la energía por los tejidos.

Además de los fenómenos de la reflexión y de difusión, que dispersan la energía de la onda acústica incidente, se observa la atenuación o bloqueo de su energía, la cual es el resultado de la combinación de los siguientes factores:

- **La distancia recorrida:** La intensidad de una onda decrece exponencialmente con la distancia recorrida. Por ello, dos interfaces idénticas, pero situadas a profundidades distintas, no generan ecos de igual amplitud, ya que los trayectos recorridos por la onda son distintos. Este inconveniente se corrige mediante una amplificación de la señal en profundidad, modificando ya sea la *ganancia total* (modificación idéntica en toda la pantalla), o la *curva de ganancia*, amplificando la señal de retorno, con una ganancia que aumenta progresivamente a lo largo del tiempo, y así los ecos reflejados sobre las estructuras cercanas son poco ampliados, mientras que los ecos procedentes de reflejos alejados se amplifican con una ganancia elevada, para compensar la atenuación.
- **Frecuencia de emisión:** La atenuación de la intensidad es mayor cuanto más elevada es la frecuencia de la onda ultrasónica. Entre más profundo se encuentre ubicado el órgano a explorar se debe utilizar una sonda de menor frecuencia (2.5, 3, a 5 MHz). Por el contrario, si se trata de la exploración de un órgano superficial se utiliza una sonda de alta frecuencia (7.5 MHz).
- **Medio de propagación:** Las características del medio de propagación influyen sobre la atenuación de la intensidad ultrasónica. La atenuación es mucho más importante en el hueso y en el aire que en los tejidos blandos. En cambio es muy débil en los líquidos; para ello se utilizan ventanas acústicas que facilitan el estudio de tejidos más profundos

En relación con la atenuación es importante conocer el concepto de TGC (*Time Gain Compensation*) que se trata de la capacidad del ecógrafo de compensar la atenuación, amplificando los ecos procedentes de interfaces lejanas, para poder obtener así imágenes homogéneas. Esto resulta de particular importancia a la hora de valorar órganos voluminosos, como puede ser el hígado.

• 2.3 TRANSDUCTORES DE ULTRASONIDO

Un transductor es un elemento capaz de transformar una señal de un cierto tipo en una señal eléctrica. Un transductor es un dispositivo que proporciona una salida utilizable en respuesta a una magnitud física, propiedad o condición específica que se desea medir. En general, corresponde a un dispositivo para convertir un fenómeno físico en una señal eléctrica. Los traductores reciben diferentes nombres en concordancia con las disciplinas que los utilizan: sensores, detectores, captadores, sondas son algunos de ellos. El efecto piezoeléctrico genera las cargas eléctricas que pueden detectarse y ampliarse para producir esa señal eléctrica. El transductor es el componente del sistema de ultrasonido que se coloca directamente en contacto con el cuerpo del animal. Sus funciones son alternativas ya que produce un pulso de ultrasonido y recibe o detecta los ecos de retorno. Dentro del transductor hay uno o más elementos piezoeléctricos de tal forma que cuando un pulso eléctrico es aplicado al elemento este vibra y produce el ultrasonido; igualmente, cuando el elemento piezoeléctrico es vibrado por el pulso del eco de retorno, produce un pulso de electricidad. En un ecógrafo, los transductores cumplen una doble función ya que se utilizan como emisores y receptores de las ondas ultrasónicas (Figura 10).

La visualización de las imágenes se basa en la técnica de pulso-eco, condición en la cual el transductor emite pulsos cortos de ultrasonido que viajan por el cuerpo. Cada pulso viaja por un haz delgado bien definido y a medida que transita por los tejidos sufre reflexiones parciales en las interfaces. Esto da origen a señales de eco que retornan al transductor. La distancia entre el transductor y la interface se determina midiendo el retraso que se produce entre el instante que se emite el pulso y en el que regresa el eco.

Para el acoplamiento del transductor a los tejidos hay que tener en cuenta ciertos fenómenos que afectan la propagación y recepción del sonido (Figura 11). El operador debe ser consciente de la necesidad de un buen contacto acústico entre el transductor con la superficie de la piel del animal, ya que como se indicó las ondas de sonido no viajan a



Figura 10. Transductor ASP 18. Pie medical. 3.5 MHz



través del aire. Para estos propósitos se requiere el uso de aceite vegetal que permite un acoplamiento a bajo costo y seguro para el animal, el operador o la sonda. Los mejores resultados son obtenidos a nivel de campo cuando el aceite se mantiene a temperaturas cercanas a los 27 °C. Esta temperatura permite que el aceite fluya libremente y penetre mejor en la piel. La dotación de un calentador portátil es importante para mantener un acoplamiento adecuado.

Figura 11. Almohadilla de acople para evaluación de ecografía de la condición corporal de bovinos

• 2.4 PROCESAMIENTO DE LA SEÑAL Y MÉTODOS DE VISUALIZACIÓN

Una vez el transductor recibe el eco lo convierte en una señal eléctrica que debe ser procesada para poder ser utilizada en la formación de la imagen, para lo cual se deben tener en cuenta los siguientes pasos:

- **Amplificación:** Consiste en aumentar la amplitud de la señal para compensar la atenuación seguida por el eco. El grado de amplificación se denomina ganancia.
- **Ganancia Total:** Es el único control que incrementa la amplificación de los pulsos provenientes de todas las profundidades.
- **Ganancia de compensación por tiempo (GTC):** Los ecos que retornan al transductor situados a grandes distancias generalmente son más débiles que los ecos provenientes de las estructuras más cercanas. Esta atenuación es compensada utilizando un barrido de ganancia, es decir una ganancia que aumenta a medida que transcurre el tiempo.
- **Demodulación:** Con esta operación se convierte la señal amplificada en un solo pulso para cada reflector.
- **Rechazo (Reject):** En este punto se eliminan las señales cuyo nivel es menor a un cierto umbral y así se logra eliminar el ruido electrónico de forma que queda una señal más limpia.

- **Atenuación y Ganancia:** Con esta operación los ecos de baja amplitud provenientes de interfaces lejanas son amplificados mediante el GTC y se obtiene una señal para cada eco de igual amplitud, sin importar lo cercano o lejano de donde provenga.

Existen dos métodos para visualizar la señales ecográficas:

En el Modo A (A-mode): Se utiliza un solo haz de ultrasonidos y la información recogida es representada en gráficas. El eje vertical representa la distancia entre la sonda y la interface ecógena y el eje horizontal, la amplitud de los ecos. La imagen es puntual y se utiliza para hacer una determinación precisa de la distancia transductor-reflector, su principal finalidad es medir la profundidad de las interfaces. Este tipo de ecografía ha sido utilizada por vía transabdominal, para establecer el diagnóstico del estado de gestación en diversas especies, pero esta técnica no permite un diagnóstico precoz, ofrece poca información y prácticamente ya no se utiliza.

En el *Modo B (B-Mode)*, la señal del eco se convierte en un punto de intensidad modulada en una pantalla y es el formato más utilizado y conocido. Se utilizan múltiples haces emitidos secuencialmente y se obtienen imágenes bidimensionales en movimiento. El brillo del punto es proporcional a la amplitud del eco y la posición al tiempo de excepción. El conjunto de los puntos reproduce un corte anatómico de la región examinada.

La imagen memorizada aparece instantáneamente desde la recepción de los ecos. Esta imagen es dinámica, porque los ecos son recibidos constantemente y copiados sobre la pantalla. La ecografía Modo B transforma el modo A: cada pico se transforma en un punto luminoso. El brillo del punto es proporcional a la amplitud del eco y los puntos se reparten por la pantalla. La construcción de la imagen se realiza mediante un escaneo de la región de interés por medio de un barrido del haz de ultrasonido y su visualización en una pantalla. Con el movimiento del transductor en un solo plano se obtiene otra serie de puntos, que al sumarse configuran una imagen 2D.



Figura 12. Imagen en modo A

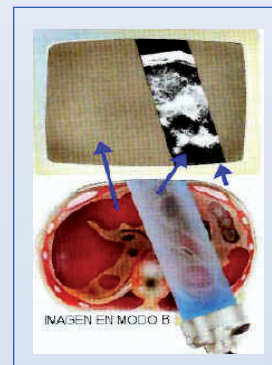


Figura 13. Imagen en modo B

La imagen bidimensional que se ve sobre la pantalla es análoga a una sección histológica de los órganos, que permite al examinador visualizar las estructuras con detalle, con lo cual este tipo de visualización se acerca rudamente al corte histológico. Las unidades del modo tipo-B utilizan números de la escala de grises que van de 1 a 64 y la imagen final es generada por diferencias en sombras de gris, según los tipos de tejidos. Los tejidos densos dan un eco luminoso (pixel blanco), mientras que los tejidos de menor densidad se ven como pixel gris. El ultrasonido en tiempo real es una versión especializada del ultrasonido de modo B que produce imágenes casi instantáneamente, dejando por consiguiente objetos vivos en movimiento.

3. CLASIFICACIÓN DE LOS TEJIDOS PARA SU EVALUACIÓN ECOGRÁFICA

• 3.1 IMÁGENES DE TEJIDOS

Tejidos Blandos

Se incluyen los músculos y los diversos parénquimas orgánicos obteniendo sobre la pantalla una imagen de textura granulosa, alternando con manchas blancas, grises y negras, más o menos finas, y más o menos contrastadas. Esta textura, llamada *speckle*, es debida a la difusión de las ondas ultrasónicas en el seno del tejido. El aspecto de la imagen depende de numerosos factores:

- a. *Características estructurales del tejido*: Depende del reparto de los reflectores (unidad estructural al nivel de la cual se produce la reflexión de la onda ultrasónica, de su densidad y de su naturaleza).
- b. *Características de la sonda*: El tamaño de las manchas depende de la resolución del ecógrafo, que es definida por la frecuencia de la sonda, número de cristales presentes en la sonda y la focalización del haz.
- c. *Características del ecógrafo*: Especialmente, del ajuste de la ganancia, del contraste y del umbral de eliminación, entre otros. El empleo de una ganancia demasiado débil o de un umbral de eliminación demasiado elevado puede hacer que aparezca carente de eco un parénquima únicamente hipoecógeno y que sea posible confundirlo con un líquido.

Tejidos grasos

Los tejidos grasos son tejidos blandos muy ecógenos. Dan a menudo imágenes de mala calidad, ya que la onda ultrasónica está muy atenuada y muy difractada. En consecuencia, los animales obesos y aquellos cuya piel es gruesa son difíciles de ser sometidos a procesos de Ecografía.

Tejidos óseos

El hueso es un tejido de fuerte cohesión molecular, con una impedancia acústica elevada. La diferencia de impedancia acústica entre el hueso y los tejidos cercanos es tal, que existe una reflexión muy importante al nivel de su interface. Por lo tanto, no hay imagen tras un tejido óseo y su descripción se limita a la superficie.

- 3.2 IMÁGENES DE LÍQUIDOS

Los líquidos son excelentes transmisores sonoros y aparecen como una zona sin eco (anecogénicos). Estos líquidos son homogéneos o no homogéneos (según si poseen o no partículas en suspensión). La ecogenicidad de los líquidos es variable. Existe una zona de refuerzo posterior más o menos intensa. En ecografía, los líquidos puros son asimilables al agua y transmiten perfectamente los ultrasonidos. Sobre la pantalla aparecen como zonas carentes de eco; por lo tanto anecogénicas, incluso si aumentamos la ganancia. La orina, el líquido amniótico, la bilis y algunos derrames son líquidos llamados “puros”; en contraste con, líquidos de elevada celularidad y/o que contengan partículas en suspensión, llamados líquidos “impuros”, en donde los ultrasonidos encuentran una multitud de reflectores y observamos una imagen punteada blanca con ganancia elevada. La orina de los équidos, el pus y algunos derrames se consideran líquidos impuros.

- 3.3 TERMINOLOGÍA UTILIZADA EN ECOGRAFÍA

Entre los términos más usados en ecografía se encuentran los siguientes, los cuales son ilustrados en la figura 14:

Ecogénico: Se observa en el monitor como una imagen en diferentes tonos de gris de acuerdo a su densidad, es característica de tejidos como: los músculos, cuerpos lúteos.

Hiperecogénico: Se observa en el monitor como una imagen de color blanco brillante y es característico de tejidos muy densos como: huesos, cartílagos, tendones.

Anecogénico: Se observa en el monitor como una imagen de color negro y es característico de cavidades con fluido como la vejiga, folículos y los vasos sanguíneos.

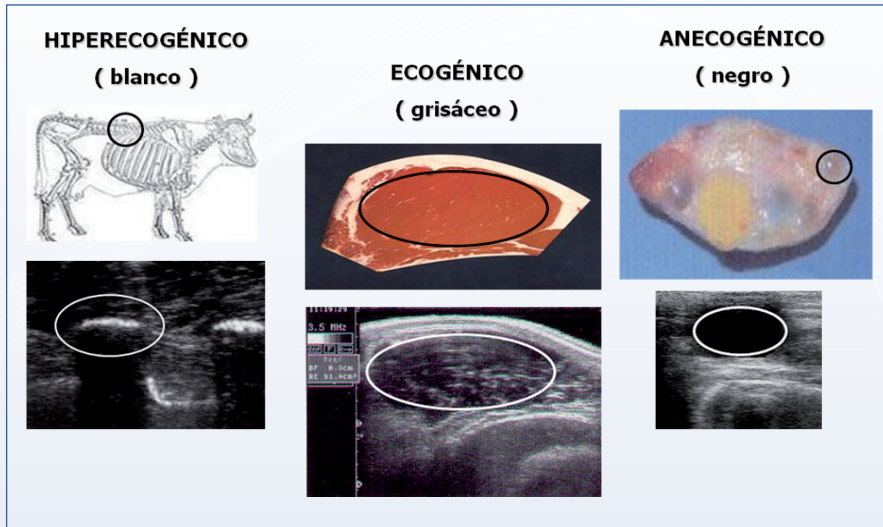
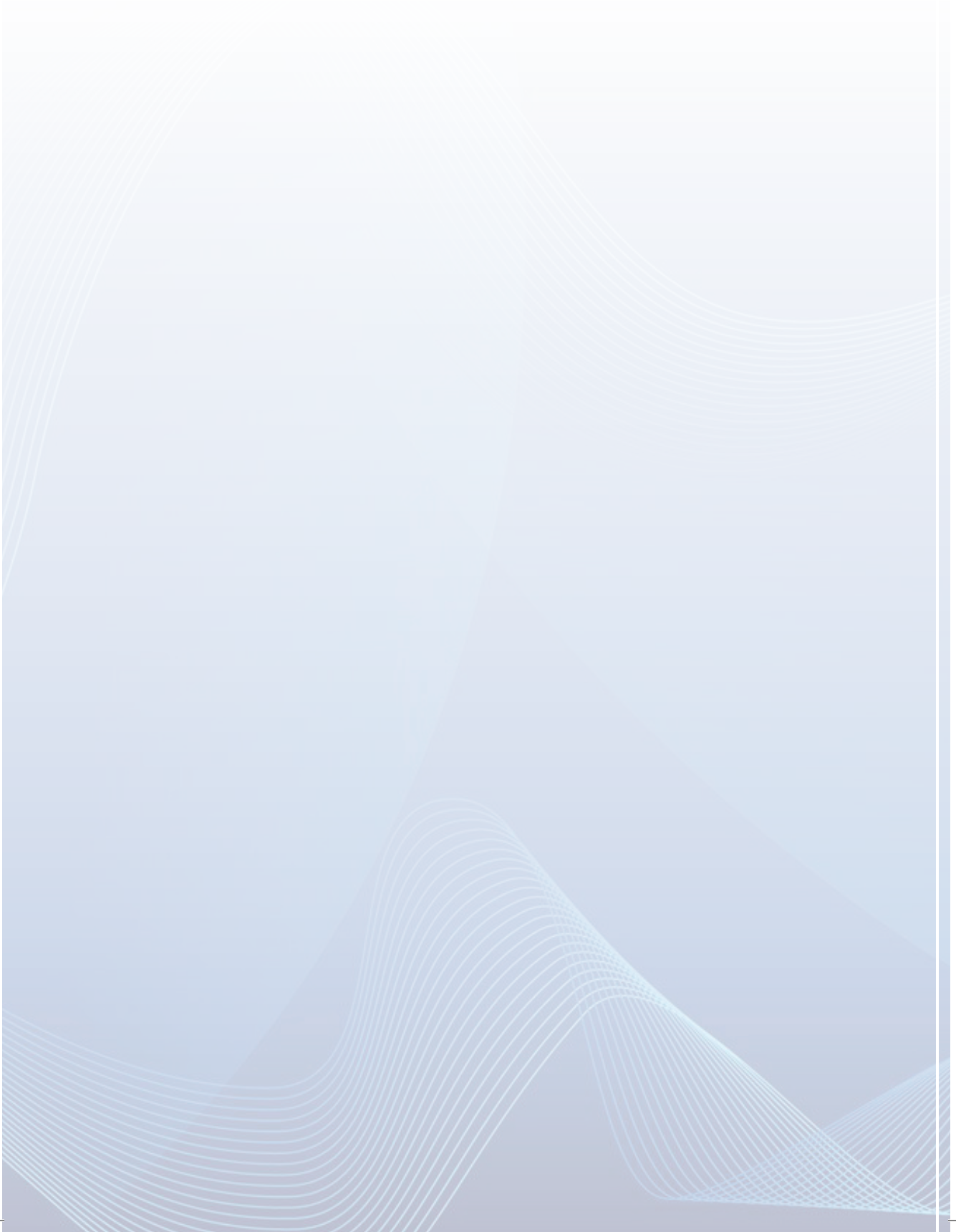


Fig. 14. Terminología básica empleada en ecografía



4. EQUIPOS DE ULTRASONIDO

En el mercado se encuentran una gran variedad de equipos de ecografía con aplicaciones en la medicina humana, medicina veterinaria y zootecnia. Por tanto al momento de seleccionar el equipo para su utilización en ganado de carne se debe tener en cuenta ciertos parámetros básicos como son:

- a) Que sean fáciles de transportar, ya que las evaluaciones siempre se realizan en campo y muchas veces en fincas alejadas de los centros urbanos.
- b) La calidad de la imagen debe ser nítida, con una buena resolución para facilitar el análisis de las imágenes.
- c) El equipo debe tener un transductor de longitud adecuada para la captura de las imágenes (entre 17-18 cm), fácil de manipular y que se encuentre regulado a una frecuencia de 3.5 MHz

A pesar de que existen diferentes marcas y modelos de ultrasonografía, todos poseen los mismos componentes básicos que son del escáner, el transductor y las cubiertas para guiar la onda.

La Universidad Estatal de Iowa (ISU) para el año 2004 había probado los siguientes equipos de ultrasonido para las mediciones de calidad de la carne:

- Aloka 500 Transductor de 17 cm, regulado a 3,5 MHz
- Scan 200 Transductor de 18 cm, regulado a 3,5 MHz
- Falco 100 Transductor de 18 cm, regulado a 3,5 MHz
- Sonovet 2000 transductor de 17 cm regulado a 2,5 a 5 MHz

Adicionalmente, en los últimos tres años salió al mercado un nuevo equipo como es el Aquila con un transductor de 18 cm, regulado a 3,5 MHz

Escáner: La función básica del escáner es procesar la imagen adquirida por el transductor y mostrar esta imagen en la pantalla. Las unidades usadas para el trabajo con

animales in vivo son portátiles y también pueden usarse para reproducción y para evaluación de la composición de las canales. Esta funcionalidad del equipo depende del tipo de transductor. La unidad está provista con un teclado para realizar las anotaciones (medir, congelar y guardar imágenes), y es de fácil manejo en los diferentes menús disponibles. Pueden transferirse datos e imágenes a una computadora para su posterior almacenamiento y recuperación utilizando diferentes software.

Transductor: También conocido como sonda es “el ojo” del escáner. En el corazón del transductor, los cristales que generan pulsos del ultrasonido, envían los haces generados en el tejido y reciben los ecos a ser procesados por el escáner. Como ejemplo el transductor que utiliza el equipo Aquila recomendado para la mayoría de las aplicaciones a realizar en animales de interés zootécnico es la Sonda de Producción Animal (ASP-18). Esta sonda contiene un total de 128 cristales colocados en una serie lineal. La sonda es de 18 centímetros de longitud y permite examinar todos los animales (bovinos de carne, ovinos y porcinos).

Almohadilla de acople (Standoff Pad): Se usa para adaptar la superficie plana del transductor lineal a las curvas de la parte dorsal del animal y poder obtener imágenes de calidad. La almohadilla es esencial para medir el área del ojo del lomo en una sección transversal; pero no se requiere la almohadilla para realizar la evaluación longitudinal de la grasa de la costilla, la grasa del anca, la profundidad del músculo o la estimación de la grasa intramuscular.

Como ya se indicó se debe utilizar un agente acoplante entre el transductor y la almohadilla de acople y entre esta y la piel del animal, para eliminar espacios de aire que interfieren con la transmisión de los ecos de ultrasonido. Se puede utilizar un gel comercial o en la práctica se recomienda usar aceite vegetal, nunca mineral porque deteriora el transductor. Si se evalúa en zonas frías (menos de 15 grados centígrados) se recomienda calentar el aceite a una temperatura de 27°C, esto permite al aceite fluir libremente y obtener mejor penetración de las ondas acústicas.

Para la lectura de las imágenes se pueden encontrar en el mercado programas de computador ya estandarizados para los diferentes equipos entre ellos encontramos el AUSKEY (AUS) o el Transferencia Óptica de Datos (ODT).

5. CONDICIONES PARA LA EVALUACIÓN

Para obtener imágenes de una calidad apropiada que permitan un buen análisis de ellas, se deben seguir las siguientes indicaciones

Sitio de Evaluación: Debe tener las siguientes condiciones:

- Baja luminosidad para permitir una buena visualización de la imagen.
- Acceso a red eléctrica con condiciones de voltaje estables.
- Estar a campo cubierto.
- Proveer una adecuada seguridad para personal, animales y equipos.

Manejo Animal: Las siguientes condiciones son de importancia en el manejo de los animales antes de y durante la evaluación ultrasonográfica:

- Los animales deben tener un ayuno previo de 12 horas
- Los animales deben estar perfectamente identificados
- Inmovilización del animal debe preferiblemente hacerse en un brete que asegure la correcta posición del animal.
- La piel debe estar limpia en las regiones a evaluar.
- En razas de pelo largo se recomienda depilar las regiones a evaluar.

Toma e Interpretación de Imágenes: En la evaluación de la condición corporal del bovino y la calidad de la carne se requieren tres imágenes básicas a saber:

- Área del ojo de lomo y espesor de grasa dorsal
- Punto P8 (grasa del anca) y profundidad del músculo glúteo medio
- Marmoreo (grasa intramuscular)

Para la correcta captura de las imágenes se debe conocer perfectamente los sitios anatómicos a evaluar así:

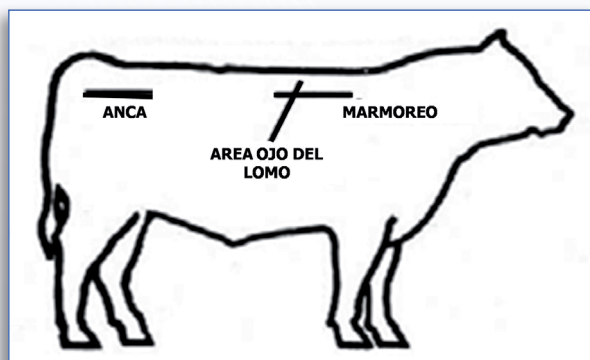


Figura 15. Sitios de evaluación ecográfica de medidas de condición corporal y calidad de la canal en bovinos

- 5.1 ÁREA DEL OJO DE LOMO Y ESPESOR DE GRASA DORSAL

El Ultrasonido en tiempo real ofrece la posibilidad de evaluar el *área del ojo de lomo* (AOL) de importancia particular en programas de mejoramiento genético para la selección de animales por masa muscular; así como también para estimar la composición y calidad de los diferentes lotes de engorde en ganado de carne. Esta imagen se toma como un corte transversal del músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12 y 13 costilla. El método más fácil de selección del sitio para el operador es palpar la separación de la 12 y 13 costilla. El operador puede seguir verticalmente la separación de las costillas y puede localizar el sitio correcto de examen. La zona debe estar limpia y si es necesario depilada, para una óptima penetración de la onda de ultrasonido. El transductor (equipado con la almohadilla de acople) se coloca a lo largo de un plano que debe ser paralelo al área entre la 12 y 13 costilla, aplicando previamente el agente acoplante (aceite vegetal).

Esta imagen se considera la más difícil de tomar y requiere por parte del operador un conocimiento de la anatomía y de los principios del ultrasonido reconociendo en la imagen, los puntos claves. Se debe tener en cuenta que las costillas no corren perpendiculares a la columna, sino formando un ángulo que va desde la cabeza de la costilla cerca a la columna y a través de ella hasta el cartílago costal o el pecho. El músculo *longissimus dorsi* se sitúa en la parte más alta de la caja torácica y a los lados de las apófisis transversas y espinosas. Por tanto, el área del músculo puede estar grandemente distorsionada, dependiendo si el músculo está empujado por la costilla o no. Además, es importante tomar la

imagen exactamente entre las costillas del animal, para que ellas no distorsionen el trazo o la interpretación del área del ojo del lomo. Mediante esta imagen se determinan dos parámetros que son de suma importancia para la evaluación de la condición corporal y la predicción de cortes minoristas en ganado de carne, a saber:

Espesor de Grasa Dorsal (mm)

Este es la profundidad del tejido graso sobre el AOL, a nivel del espacio intercostal entre la 12 y 13 costilla, es el predictor más exacto de la composición de la grasa de la canal. Se mide a las $\frac{3}{4}$ partes del ancho de la imagen del Área del Ojo del Lomo considerando que el inicio del AOL se encuentra al inicio de la columna vertebral. Esta medida es de mediana heredabilidad (0.37) y tiene una baja correlación genética (0.20) con el porcentaje de grasa intramuscular y una alta correlación genética negativa (-0.44), con el porcentaje de cortes minoristas.

Área del Ojo de Lomo (cm²)

La medición del área del ojo del lomo es de particular importancia para valorar la musculatura de los animales y su composición al mercado. Esta medida mide la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi* (LD) a nivel del espacio intercostal entre la 12 y 13a costilla. En países como Estados Unidos y Canadá este valor está incluido en la ecuación de clasificación y tipificación de canales de carne bovina (USDA Yield Grade), y esta directamente relacionada con el precio de venta de la canal.

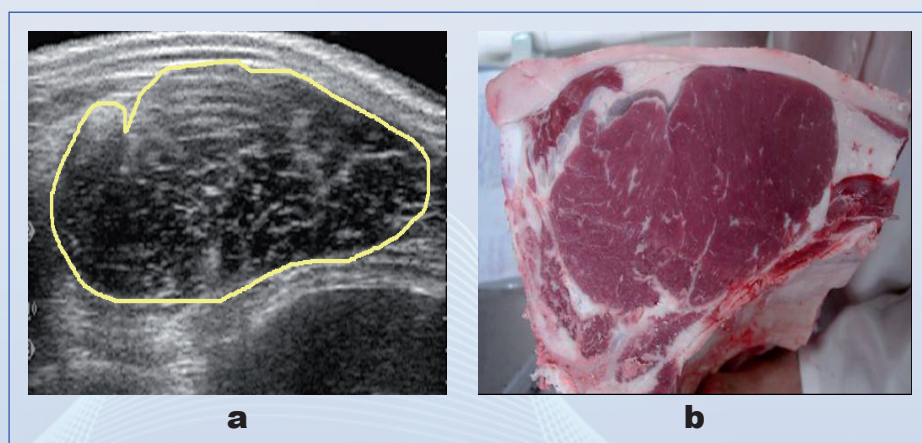


Figura 16. Evaluación ecográfica del músculo dorsal largo (*Longissimus dorsi*): **a)** Imagen ecográfica del área del ojo de lomo. **b)** Corte de la canal a nivel de la 12 – 13 costilla mostrando el músculo Dorsal largo (*Longissimus dorsi*) (Tomado de Tarouco, 2005)

El AOL es el mayor indicador de la musculatura total y se usa para calcular el grado de predicción del porcentaje de cortes minoristas. Esta medida se considera de mediana heredabilidad (0.36) y tiene una alta correlación genética positiva (0.61) con el porcentaje de estos cortes.

- 5.2 -P8 (GRASA DEL ANCA) Y PROFUNDIDAD DEL MÚSCULO GLÚTEO MEDIO

La medición de grasa en el punto P8 permite estimar la magrura del ganado de carne y la medición del área del ojo del lomo es de particular importancia para valorar la musculatura de los animales y su composición al mercado. Para la correcta toma de la imagen se debe ubicar el sitio del anca equidistante de la tuberosidad coxal y la tuberosidad isquiática del animal, tomando desde la punta de la cadera hacia la región caudal. El transductor se coloca ligeramente arriba del hueso de la cadera, se mueve el transductor hacia atrás hasta que la punta de la cadera se encuentre, justo al límite de la imagen. La zona debe estar limpia y si es necesario depilada, para una óptima penetración de la onda de ultrasonido. El transductor (sin almohadilla de acople) se coloca en el sitio ya descrito, aplicando previamente el agente acoplante (aceite vegetal).

Mediante esta imagen se determinan dos parámetros que son de fundamentales para la evaluación de la condición corporal y la predicción de cortes minoristas principalmente en animales magros, a saber: al tomar esta imagen es bueno recordar que la cabeza del animal se encontrará hacia el lado derecho de la imagen y la cola al lado izquierdo, y en el fondo de la imagen se encuentra la interface del músculo glúteo medio, con el hueso pélvico.

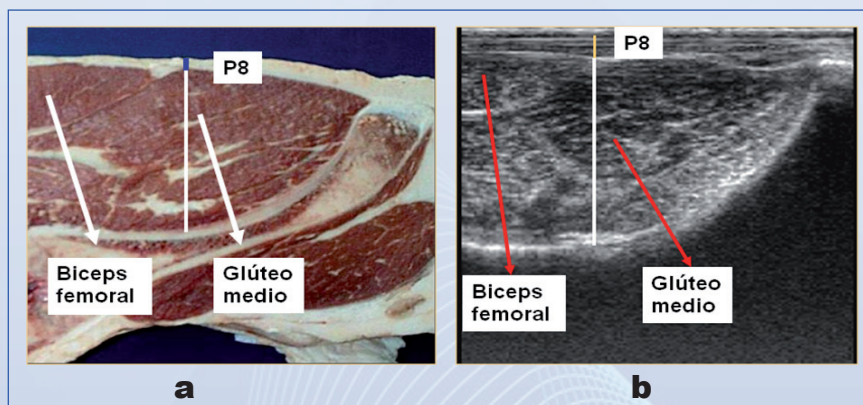


Figura 17. Evaluación ecográfica del Glúteo medio: **a)** Corte de la canal mostrando los músculos bíceps femoral y glúteo medio. **b)** Imagen ecográfica del p8: espesor de la grasa del anca y profundidad del glúteo medio (Tomado de Tarouco, 2005)

Espesor de la Grasa del Anca o P8 (mm)

Para la medición del espesor de grasa del anca, el punto anatómico común de referencia es la intersección de la línea del tejido, en el fondo del músculo glúteo medio y el borde inferior de la capa de grasa subcutánea. Esta medida puede ser más 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 porque esta región de anca es donde se acumula la grasa precoz en la vida del animal. Así, esta medida es de suma importancia en animales producidos en sistemas pastoriles, donde en algunos casos los animales, no han acumulado suficiente grasa dorsal. Debemos destacar que esta medida es de mediana heredabilidad (0.41) y tiene una alta correlación genética positiva (0.65) con el EGD y una mediana correlación genética negativa (-0.45) con el porcentaje de cortes minoristas.

Profundidad del Glúteo Medio (mm)

Se mide como la longitud de una línea recta que va desde el punto distal de la medida del P8 hasta la interface más baja de la imagen, entre el límite del músculo glúteo medio y el hueso pélvico. La profundidad del glúteo medio es una medida adicional que se utiliza para predecir la producción de cortes minoristas y el desarrollo muscular especialmente en animales magros.

- 5.3 MARMOREO O GRASA INTRAMUSCULAR (%)

La cantidad de grasa intramuscular en el músculo *longissimus dorsi* (marmoreo) es la característica más importante que determina el grado de calidad de la carne y está relacionado no solamente con su palatabilidad, sino que además influye sobre su sabor, jugosidad, ternura y con la consistencia del producto. Igualmente, esta característica tiene implicaciones económicas. El grado de marmoreo es uno de los principales componentes en el grado de calidad de la canal utilizada por USDA Quality Grade para el pago de los animales en la planta. La evaluación visual para esta característica en el animal vivo es virtualmente imposible, de tal forma que se debe tener en cuenta en el momento de acabado del ganado que una sobrealimentación para asegurar un aparentemente aceptable marmoreo; puede producir un exceso de deposición de grasa, disminuyendo la calidad del producto.

La imagen de marmoreo se toma colocando el transductor en un plano longitudinal sobre el músculo *Longissimus dorsi* en forma lateral a la columna vertebral. La identificación, palpación y preparación del sitio son similares al descrito para la toma del AOL. Para esta medida se han descrito dos técnicas: La Universidad de Iowa utiliza como puntos de referencia las costillas 11, 12 y 13, mientras que el Dr. Greshman de la Universidad de

Tennessee utiliza la 13^{ava} costilla y las primeras lumbares, con evaluaciones realizadas con equipos de Pie Medical.

La interpretación de la imagen depende mucho del brillo y del contraste, por lo que se recomienda tomar última imagen, la cual permite que el aceite penetre profundamente en la capa de pelo, con un mejor contacto con el transductor. Según la técnica a utilizar el cuadro virtual para el cálculo de la grasa intramuscular provisto por el software se ubica entre las costillas 12 y 13, o entre la 13^{ava} costilla y primera vértebra lumbar. Se recomienda entonces tomar cuatro imágenes independientes para estimar el valor de marmoreo. Esta medida es de mediana heredabilidad (0,30) y tiene baja correlación genética (0,10) con el espesor de grasa dorsal.

6. CAUSA DE RECHAZO DE LAS IMÁGENES ECOGRÁFICAS

Imagen Ideal

En una imagen ideal se deben identificar perfectamente todos los puntos de referencia que se encuentran alrededor los músculos evaluados y que corresponden a los puntos anatómicos en el corte del músculo *Longissimus dorsi* a nivel del corte de la 12^{ava} -13^{ava} costilla o la región de la cadera en la intersección del músculo glúteo medio con el biceps femoral, esto depende de contar con:

- Una buena calibración del equipo.
- Unas condiciones adecuadas en el sitio de trabajo (inmovilidad del animal, luminosidad, electricidad).
- Una buena preparación del sitio a escanear (limpieza, depilación).
- Una identificación perfecta de los sitios anatómicos a evaluar.
- Un buen posicionamiento del transductor.
- Una aplicación correcta del agente acoplante (penetración y temperatura).

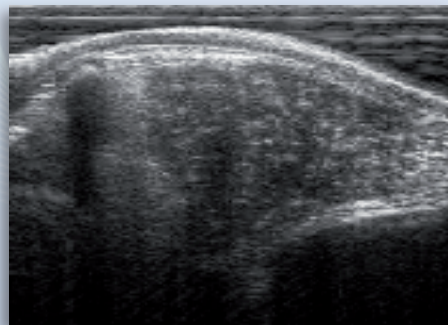
Rechazo de imágenes

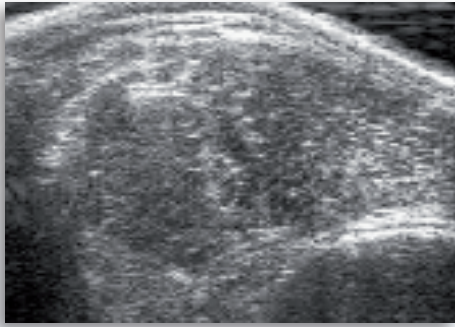
Las causas más comunes por las cuales las imágenes de ultrasonografía son rechazadas, ya que no permiten una correcta interpretación son:

a) AOL y espesor de Grasa Dorsal

La imagen del AOL está cortada o excesivamente sombreada en su borde medial

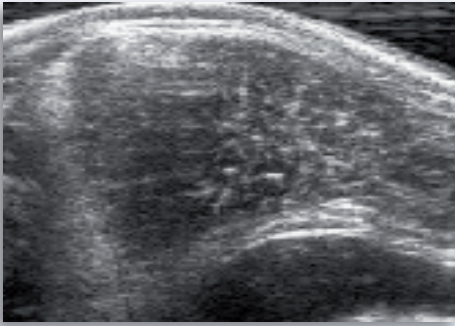
- *Causa:* Inadecuada posición del transductor
- *Consecuencia:* No se puede determinar el área a medir





La imagen del AOL está cortada o excesivamente sombreada en su borde lateral

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor
- *Consecuencia:* No se puede determinar el área a medir



Músculo intercostal poco definido o músculos intercostales no corren paralelos

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor
- *Consecuencia:* No se puede determinar correctamente el contorno del AOL por lo tanto no se puede trazar ni medir

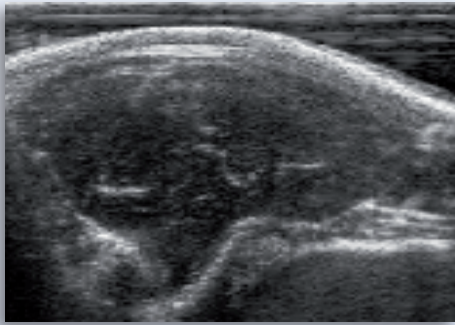
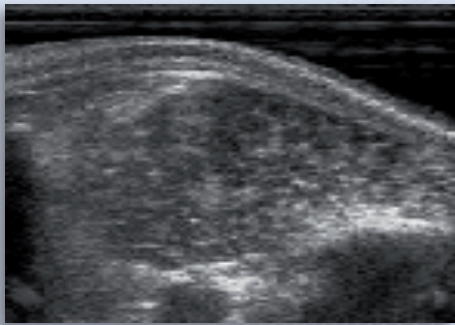


Imagen tomada sobre la costilla

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor
- *Consecuencia:* Se subestima el área



Contacto escaso a través de la imagen

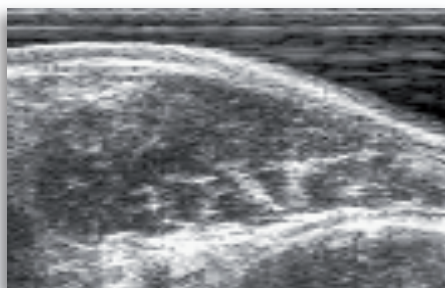
- *Causa:* Falta de agente acoplante (aceite) en el animal o en la almohadilla acoplante.

Fallas en el transductor

- *Consecuencia:* poca definición general de la imagen.

Calibración incorrecta del ecógrafo

- *Causa:* escaso contraste, demasiado brillo.
- *Consecuencia:* se subestima o sobrestima el área



b) Porcentaje de grasa intramuscular (marmoreo)

Excesivo músculo espinal

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor (adelantado)
- *Consecuencia:* el músculo espinal invade el *Longissimus dorsi* quitando el espacio al cuadro virtual y hay mucho dispersión de onda y aumento del brillo causando una sobre estimación de la grasa intramuscular.

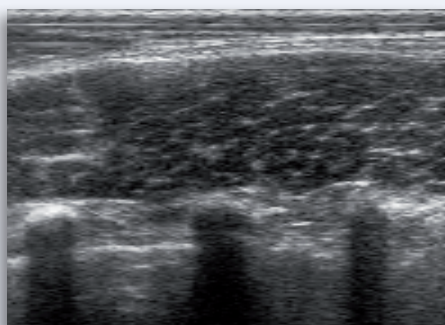
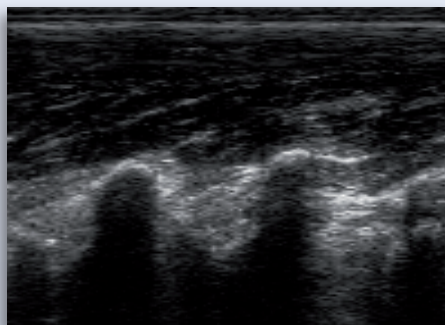


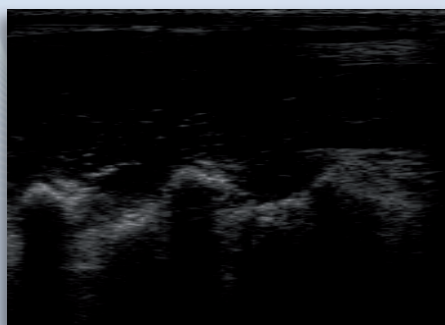
Imagen conteniendo más de una vértebra lumbar

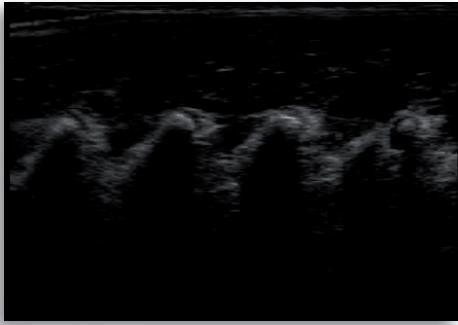
- *Causa:* Inadecuada posición del transductor (hacia atrás)
- *Consecuencia:* el cuadro virtual se debe colocar entre la 12-13 costilla (Técnica de la Universidad de Iowa), dos vértebras lumbares implica la visualización de la costilla 13 por tanto la medición es incorrecta.



Interferencias

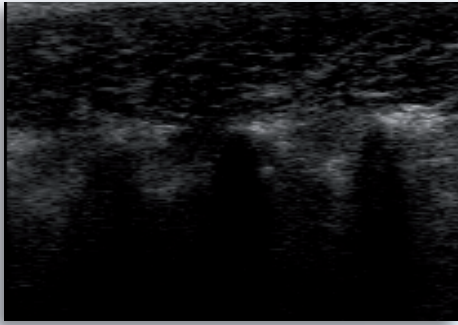
- *Causa:* Mala lubricación del animal, poco contacto del transductor con la piel, pelo largo suciedad y mucho pelo...
- *Consecuencia:* Las líneas de interferencia se confunden con el veteado de la grasa.





Imágenes demasiados angostas

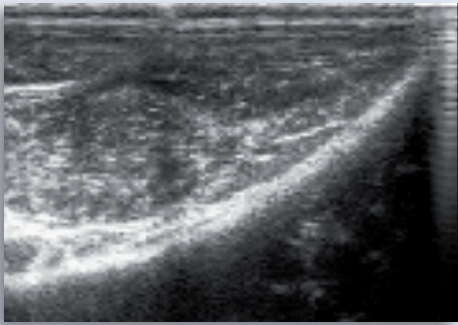
- *Causa:* Inadecuada posición del transductor, o escaso desarrollo muscular del animal, por desnutrición o edad de medición incorrecta
- *Consecuencia:* Espacio insuficiente para ubicar el cuadro virtual y realizar la medición



Calibración incorrecta , Imagen borrosa, Imagen tomada en posición incorrecta

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor

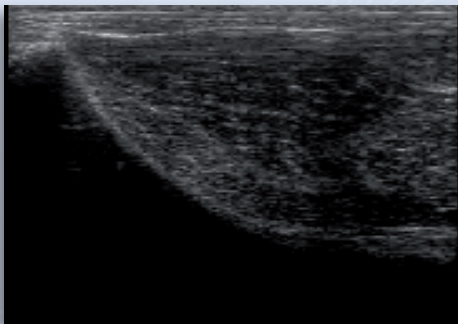
Menos de cuatro imágenes tomadas para estas características.



c) **Espesor de Grasa del Anca (P8)**

Imagen tomada en posición incorrecta

- *Causa:* Inadecuada posición del transductor
- *Consecuencia:* no se puede ubicar el punto de referencia para realizar la medición

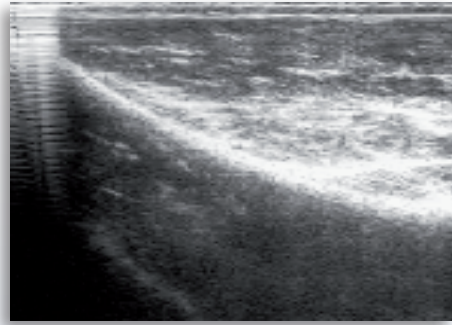


Calibración incorrecta del ecógrafo

- *Causa:* Falta de agente acoplante (aceite) en el animal o fallas en el transductor
- *Consecuencia:* poca definición general de la imagen.

Punto de referencia no visible

- *Causa:* Incorrecta toma de la imagen.
- *Consecuencia:* no se puede realizar la medición.





7. CRITERIOS DE SELECCIÓN PARA LA EVALUACIÓN DE LOS ANIMALES

Los ajustes de las medidas del ultrasonido en ganado de carne varían con la raza y con los cruces y están asociados con los sistemas de información que muestran las características de la canal y los objetivos finales del mercado. Estos objetivos incluyen la escanografía de animales en acabado con un promedio de grosor de la grasa externa de 0.90 cm sobre la 12-13 costillas, la escanografía de animales dentro de un mismo para alcanzar un promedio designado para la edad o para el promedio de peso final y la escanografía de los grupos antes del periodo del tiempo en el cual los primeros animales alcanza el peso del mercado

Los genotipos especializados en la producción de carne bovina muestran que la deposición de las diferentes macromoléculas o componentes no es paralela, lo cual se evidencia si se tiene en cuenta que los animales jóvenes tienden a tener mayores deposiciones de proteína, en comparación con animales cercanos al peso adulto, los cuales tienden más hacia la deposición de lípidos. En este contexto, la precocidad con el animal incrementa su tasa de deposición de lípidos “acabado” y está asociada con el genotipo, encontrándose genotipos de acabado precoz (Angus), acabado intermedio (Hereford) y acabado tardío (Limousin, Simmental).

Edad de los animales

Para las razas de acabado temprano, la edad para escanear toretes es de 320-440 días, mientras para novillas en desarrollo y hembras y machos en acabado es de 320-460 días; para razas de acabado intermedio, las edades se sitúan para cada una de las categorías descritas entre 330 a 530 días. Las razas que acabado tardío presentan valores para estas categorías entre 300 a 450 días. En los sistemas de pastoreo no se ha establecido la edad precisa a la cual deben medirse los animales, pero para evaluar las características de la calidad de carne está se encuentra entre 450 - 660 días.

En animales en acabado en confinamiento se pueden hacer mediciones a los 15 meses \pm 45 días de edad. No se recomienda medir animales en pastoreo a esta edad pues es difícil detectar el espesor de grasa dorsal y el porcentaje de grasa intramuscular. En los sistemas productivos de Estados Unidos se evalúan animales de acuerdo a la raza cerca del año entre los 320 - 450 días para los toros y las novillas entre 320 – 460 días de edad.

Grupos contemporáneos

Animales del mismo sexo levantados manejados juntos hasta el tiempo de la escanografía forman un grupo llamado contemporáneo. La información que incluye el grupo es: la raza, el hato, la edad del destete o el lote de destete, el manejo alimentario del grupo al destete (pastoreo, amamantamiento, no amamantamiento, etc.), la fecha de la escanografía y el manejo sanitario y alimenticio por destete. La diferencia de edad de los individuos del grupo no debe superar los 90 días de edad. Cada grupo contemporáneo de toros debe representar como mínimo dos padres. Se debe medir las características de calidad de carne no solo a los individuos de interés, sino también en sus compañeros de parto (5 como mínimo), y la diferencia de edad no puede ser superior a tres meses. El fin de organizar los grupos contemporáneos es eliminar factores ambientales para producir una correcta evaluación genética con base a estimados de diferencia esperada de la progenie (DEP).

8. CORRELACIONES GENÉTICAS Y HEREDABILIDADES EN LA EVALUACIÓN POR UTR

La UTR ha producido un importante impacto en la industria de la carne, ya que sirve como herramienta para las asociaciones de razas productoras para predecir las características de la canal en programas de mejoramiento genético, y para los productores de carne, durante el proceso de acabado para predecir el mérito de las canales. La eficiencia de las medidas obtenidas por UTR en la evaluación de la condición corporal en bovinos se relaciona fuertemente con aspectos productivos, teniendo la posibilidad de iniciar los procesos de selección por el potencial cárnico desde muy temprana edad, aplicando los conceptos de heredabilidad y de correlaciones genéticas. Además se debe tener en cuenta que la composición corporal puede ser influenciada por el sistema de alimentación y que existen las alternativas tecnológicas para permitir a la mayoría de los animales alcanzar su máximo potencial genético para el crecimiento de tejido magro.

Heredabilidad

Es la porción del rasgo que se debe a la genética y determina hasta qué punto los caracteres observables constituyen una buena guía para predecir lo que ocurrirá en la descendencia de un reproductor. Así, se define entonces como el porcentaje de la variación observada, que es atribuible a los genes. Los valores obtenidos por el UTR para la evaluación de condición corporal se caracterizan por ser de mediana heredabilidad, es decir que si se mide a los padres se tiene la certeza que esa medida van a pasar a su progenie, lo cual es fundamental para los programas de selección y mejoramiento genético.

Reverter *et al.* (2000) realizaron un estudio donde se incluyeron 1713 Angus y 1007 Hereford midiendo por UTR, al año de edad, los valores de AOL, espesor de grasa dorsal, marmoreo y grasa del anca y relacionándolas con las medidas de peso de la canal, porcentaje de cortes, grasa intramuscular medida por infrarrojo, área del ojo del lomo y espesor de grasa subcutánea. Para las medidas de ultrasonido se estimó una heredabilidad de 0.38 y 0.42 para AOL, 0.18 y 0.51 para grasa dorsal, 0,31 y 0,55 para grasa del anca y 0,20 y 0,33 para marmoreo en Hereford y Angus, respectivamente. En Brasil, Tarouco *et al.* (2009) trabajando con 1228 animales Brangus y Pinto *et al.* (2009) con 1968 animales Angus obtuvieron estimati-

vas de heredabilidad de ojo de bife al destete y sobre-año de $0,28 \pm 0,10$; $0,26 \pm 0,08$ y $0,19 \pm 0,08$; $0,37 \pm 0,09$, respectivamente. Para la característica espesor de grasa al sobre-año en la razas Brangus y Angus los valores de heredabilidad fueron de $0,31 \pm 0,12$; $0,24 \pm 0,06$; respectivamente. En ganado Cebú (Nelore), Tarouco *et al.* (2008), en un estudio con 2406 animales evaluados con ultrasonido a los 18 meses de edad, obtuvieron estimativas de heredabilidades para área de ojo de bife, espesor de grasa dorsal y anca, peso y rendimiento de la porción comestible de la carcasa de $0,43$; $0,38$; $0,40$; $0,36$; y $0,47$; respectivamente.

Correlación genética

Nos ayuda a entender cómo se relacionan los rasgos indicando la posibilidad de mejorar un carácter de difícil valoración, mediante un programa de mejoramiento para otro carácter fácil de medir y correlacionándolo con el primero. Así, el espesor de grasa dorsal se mide fácilmente por ultrasonido y se correlaciona con la cantidad de grasa de la canal, y negativamente con la producción de cortes minoristas (a más grasa menos carne), sin tener que sacrificar el animal (reproductor).

En investigaciones realizadas por Kriesse *et al.* 1994, reportaron que la heredabilidad y las correlaciones genéticas entre y dentro de sexo son favorables para los cambios genéticos que sucederían, si los padres son seleccionados con base en las medidas de ultrasonido al año. Asimismo, las correlaciones genéticas para las medidas de ultrasonido en novillos medidas al año fueron también favorables. Lo anterior indica que si los toros son magros al año, serán padres de novillos con canales magras al sacrificio. Lo mismo se presentaría para el área del ojo del lomo, toros con grandes áreas del lomo al año, serán padres de novillos con grandes áreas del lomo al sacrificio.

DEP (Diferencia Esperada de la Progenie)

Constituyen una estimación de la diferencia genética, por encima o por debajo del promedio en su raza, que tendrá probablemente la progenie de un reproductor. Expresado de otra manera, las DEP muestran lo que un productor puede esperar de los hijos de un toro en particular, comparado con los hijos de otro u otros toros dentro de una misma raza. Los valores de la condición corporal medidos por el UTR ya se están empleando como DEP en los programas de Mejoramiento Genético, así:

DEPS para el área del ojo de lomo: Un valor de DEP positivo indica animales que pueden producir progenies con un mayor rendimiento porcentual de cortes comerciales.

DEP para el espesor de grasa dorsal: Un valor de DEP positivo indica animales que pueden producir progenies con mayor grado de acabado, deposición de grasa a una edad más precoz que su grupo contemporáneo con una DEP media de 0 o negativa.

DEP para el espesor de grasa intramuscular (marmoreo): El valor de DEP de espesor de marmoreo puede ser usado para seleccionar padres que produzcan una progenie de una canal con mayor marmoreo, en una edad predeterminada. Un alto valor de marmoreo indica una alta cantidad de grasa intramuscular en el área del ojo de lomo.



9. BENEFICIOS DEL USO DE LA UTR EN LA EVALUACIÓN DE GANADO DE CARNE

Desde hace algunos años, la ecografía o ultrasonido ha sido utilizada como una herramienta muy importante para evaluar la composición cárnica de los animales vivos. La ventaja de usar la UTR es que es una técnica no invasiva y relativamente libre de estrés para los animales, que permite determinar el valor y la calidad de un animal, desde su desarrollo fetal hasta su salida al mercado. Esta técnica se utiliza principalmente en bovinos, ovinos y porcinos, con reportes de su uso igualmente en equinos y aves.

La medición por ultrasonido de la composición y calidad cárnica de los bovinos se utiliza como herramienta en los sistemas de comercialización con alto valor agregado en el precio y calidad del producto y consta de la estimación de la grasa de cobertura o subcutánea, el área de ojo del lomo o bife (*longissimus dorsi*) y la grasa intramuscular o “marmoreo”. Esta aplicación tiene dos puntos de la cadena productiva de la carne, sin duda afectados por múltiples factores: la selección de los animales reproductores de cada raza de carne, y la evaluación del impacto de diferentes planos nutricionales y sistemas de alimentación en animales que se comercializan para consumo humano.

Además de los parámetros reproductivos (aplomos, fertilidad, habilidad materna, etc.) que se evalúan en la selección de animales recria y de su progenie, son también de gran importancia aquellos parámetros que están directamente relacionados con la producción de carne, acabado y la calidad de las canales. La UTR contribuye en la medición de estos valores que se relacionan estructuralmente con esos aspectos productivos, teniendo la posibilidad de iniciar los procesos de selección por el potencial cárnico, desde una muy temprana edad.

En este contexto, es muy importante que en Colombia se desarrolle el uso de la UTR en animales de selección, para tener a la mano una herramienta valiosa que permita mejorar el rendimiento y la eficiencia en la producción de carne de estos animales, ya que varias de las características medidas como se ha descrito, tienen un marcado índice de heredabilidad, lo que asegura obtener resultados adecuados en programas de mejoramiento basados en estas mediciones. En varios países, el UTR ha emergido como un método realizable a un bajo costo para estimar la composición y calidad de los animales en vivo. Otros estudios se han aproximado al desarrollo de una tecnología de UTR mediante una simple predicción de: la grasa de las canales y el área ojo del lomo, y más recientemente la estimación de la grasa in-

tramuscular. La mayoría de estas técnicas han usado sistemas de interpretación de imágenes por computador para la composición y la calidad del músculo.

El ultrasonido provee imágenes que pueden ser usadas para medir el área del ojo del lomo y la grasa dorsal. Con el uso del ultrasonido es posible medir las siguientes medidas: área del lomo, grasa dorsal, grasa intramuscular o marmoreo; grasa dorsal en el anca y profundidad del músculo de la pierna (profundidad del músculo glúteo medio). El UTR es la tecnología más avanzada y disponible, segura para estimar la composición y calidad de ganado de carne vivo. Las medidas por ultrasonido tienen algo de error entre técnicos y una alta correlación a la medida de la canal, siendo viable su uso para la predicción del producto final de corte o su composición. Las medidas como el área del músculo dorsal largo, grasa dorsal y grasa del anca, son las más importantes variables para predecir el peso del producto corte hasta en un 86%, lo que indica que el ultrasonido es una herramienta viable para predecir el total de producto de la canal, siempre y cuando se mida más de una variable.

La UTR también demuestra que es una herramienta económicamente viable para determinar el valor de la carne bovina en el mercado. La favorable y moderada correlación genética entre las medidas de la canal y las medidas de animales al año de edad, indica que las medidas de ultrasonido en la 12ª y 13ª costilla de grasa y área del lomo, pueden ser usadas para predecir los valores genéticos para la canal.

Otras ventajas de la aplicación de la UTR en el ganado de carne, según lo describe Doyle E. Wilson de la Universidad de Iowa 2002, son las siguientes:

- a) La identificación de reproductores y novillas de reemplazo con DEP de mayor porcentaje en grasa intramuscular y área del ojo de lomo que cumplan con las necesidades locales, en un escenario de producción y reproducción para hatos comerciales localizados en una región geográfica específica.
- b) La identificación de los hijos de los toros con DEP de mayor grado de porcentaje en grasa intramuscular y área del ojo de lomo y un tamaño de esqueleto aceptable que cumplan con las especificaciones e indicadores de producción y reproducción
- c) La capacidad de guiar al productor según las características y necesidades del mercado en producción y reproducción.
- d) El mantenimiento de la heterosis identificando los animales con la composición corporal más deseable.
- e) El soporte para identificar el sistema de alimentación que ayude a expresar el potencial genético de los animales por medio de las características de la composición corporal y los indicadores para cumplir con las necesidades del mercado

- f) La predicción objetiva de canales magras y grasa en el animal vivo
- g) La determinación del grado de marmoreo en el animal vivo.
- h) La evaluación del porcentaje de grasa intramuscular en el área del ojo de lomo para determinar el grado de calidad de la USDA.
- i) La información de la composición corporal que permite eliminar los costos y el largo tiempo requerido para las pruebas de progenie para el mérito de las canales
- j) El potencial del UTR para que en conjunto los datos y la información disponible puedan ser usados para calcular las DEP a una escala nacional para todas las razas y cruces en el marco del mejoramiento del mérito de las canales

En la actualidad, dado su potencial como herramienta en los sistemas de comercialización segmentados y con alto valor agregado en el mercado, la técnica de UTR ha venido recibiendo gran atención por parte de mejoradores y nutricionistas animales en países como Australia y Estados Unidos donde se viene utilizando comercialmente desde hace más de 10 años. En Suramérica, países como Brasil, Uruguay y Argentina vienen implementado esta tecnología en los últimos seis años destacándose en esto las asociaciones Angus de Argentina y Brasil; de Hereford ; Bradford y Cebú de Brasil. En este escenario, las investigaciones realizadas en Colombia se limitan a trabajos demostrativos, como el realizado en el marco de la feria Agroexpo 2001 en la ciudad de Bogotá por convenio entre ASOCEBÚ, la Asociación de Criadores de Ganado Limousin y CORPOICA, en el cual se evaluaron 23 animales que participaron en un concurso de ganado gordo de animales con proporciones de sangre Limousin con otras razas tanto de tipo *Bos taurus* como *Bos indicus*.

Los resultados obtenidos indicaron que los animales de cruces entre *Bos taurus* y *Bos taurus* y entre *Bos taurus* por *Bos indicus*, no muestran diferencias significativas en área de ojo de lomo que permitan determinar valores mejores o menores para ciertos cruces, sólo el valor independiente de cada animal en particular. Si existe una diferencia en cuanto a imágenes tomadas por ultrasonido para la medida de área del ojo del lomo y espesor de la grasa dorsal entre la 12^{ava} y 13^{ava} costilla, siendo de menor calidad, el cruce entre animales de razas europeas por una mayor superficie en pelo. Ante esto, es importante evaluar animales de este cruce con medidas en animales afeitados y no afeitados a fin de conocer el grado de error, que se puede tener en ellos y confirmar la anterior hipótesis. La medida de espesor de grasa dorsal por medio de ultrasonido entre la 12^{ava} y 13^{ava} costilla, cuando el espesor de la misma es muy bajo, difícilmente puede ser evaluada con seguridad, debido a la pequeña imagen arrojada y el grado de precisión del punto de referencia marcado por la pantalla.

En el C. I. La Libertad (Villavicencio) de CORPOICA se realizó un estudio en novillas San Martinero que evaluó la relación de la condición corporal de las novillas y su comportamiento reproductivo. Como uno de los resultados importantes se obtuvo que un índice de espesor de grasa subcutánea de 3.8 mm estuvo asociado con la entrada al programa de reproducción de las novillas (Velásquez, 2002). En la Sabana de Bogotá se evaluó mediante el ultrasonido, la dinámica del comportamiento ovárico y la condición corporal asociada a la nutrición, durante ocho meses, a un grupo de novillas de raza Holstein (Ríos, 2003). Como resultado de este estudio se confirmó una asociación de los valores del espesor de grasa subcutánea con los parámetros reproductivos, concluyendo a partir de este estudio que para los animales, la edad no es el parámetro de importancia, sino el momento en que ellos alcanzan un valor del espesor del tejido graso para ingresar al programa reproductivo (Ríos, 2003). Otros trabajos referenciales para UTR en Colombia fueron realizados por Velásquez y Álvarez(2004) evaluando el crecimiento posdestete y producción de carne en novillos Brahman rojo y Brahman gris en el Valle del Sinú y la Universidad de Antioquia(2007) en razas criollas colombianas y cruzadas para asociar medidas de ecografía con marcadores del gen Leptina.

Entre el 2006 y 2007 se desarrollo en CORPOICA un proyecto de investigación auspiciado por COLCIENCIAS donde se integraron en condiciones tropicales la dinámica de expresión de las medidas de ultrasonido en los grupos raciales Romosinuano, Cebú y el cruce RxC, bajo dos planos nutricionales y en dos escenarios: el C.I. Turipaná y la Hacienda La leyenda. Posteriormente, la técnica fue validada al nivel de frigorífico. Los resultados de este estudio fueron comparables con los obtenidos por Tait (2002) de la Universidad de Iowa, en un estudio con 490 animales de la raza Angus reportaron valores para el AOL medida por ultrasonido de $82.13 \pm 8.77 \text{ cm}^2$ vs $83,75 \pm 8.13 \text{ cm}^2$ medida en la canal, con una diferencia sobre el promedio de 1.62 y una dispersión mayor a la observada en este estudio realizado en Colombia.

GLOSARIO

Agente acoplante: Como el ultrasonido se transmite pobremente a través de aire es necesario excluir el aire y unir el transductor a la superficie del sujeto con un gel de acoplamiento conveniente (aceite vegetal) o agente acoplante.

Almohadilla de acople (Standoff Pad): Esta hecha de un material flexible y se acopla al transductor, dándole una curvatura complementaria a la del lomo del animal. Se utiliza para tomar la imagen del área del ojo de lomo.

Área de ojo de lomo: Una medida del músculo *Longissimus dorsi* en la canal, la cual se obtiene en cm^2 . Esta característica está altamente correlacionada con la cantidad de cortes comerciales y tiene una heredabilidad de aproximadamente 35%.

Artefacto: Una representación en pantalla de una estructura que no existe o que se localiza incorrectamente.

Atenuación: La disminución en poder de la banda de ultrasonido, causado principalmente por absorción, dispersión y reflexión.

Cristales piezoeléctricos: Cristales de materiales como zirconato de titanio, capaces de convertir energía eléctrica aplicada a la deformación mecánica y viceversa.

Eco de reverberancia: Un artefacto creado por la retransmisión de una señal del ultrasonido fuertemente reflejada. La exposición puede mostrar varias imágenes de una sola estructura que aparece a distancias crecientes del transductor.

Escala de grises: El rango de intensidades desplegado en el tubo de rayos de catódicos en donde la ultrasonografía muestra pequeñas diferencias entre una impedancia acústica, como si ellas presentaran diferentes sombras de gris, mejorando la calidad de la imagen comparado con la presentación absoluta del blanco y el negro

Espesor de grasa dorsal 12^{ava} -13^{ava} costilla: Medida de grasa en la canal, en mm. Un porcentaje alto de grasa se relaciona con un bajo porcentaje de cortes minoristas. La heredabilidad de esta característica es aproximadamente del 20-25%.

Frecuencia: El número de ondas de ultrasonido emitido por segundo. Un (1) ciclo por segundo = 1 hertzio (Hz).

Ganancia: Es la fortaleza de la señal de ultrasonido en la medida que ella deja el transductor y produce el nivel de amplificación de una señal. En algunos instrumentos se manejan en forma separada con las diferentes profundidades del campo.

Grasa intramuscular: Grasa que se deposita dentro de los músculos y aparece como delicadas líneas onduladas en la carne, también conocida como marmoreo.

Marmoreo (Ver grasa intramuscular): Medida representada como el porcentaje de grasa intramuscular. La heredabilidad del marmoreo es aproximadamente 35%.

Modo-A: La modulación de la amplitud. Un elemento unidimensional exhibe con tiempo (distancia) sobre el eje horizontal. La fuerza relativa del eco es registrada como amplitud en el eje vertical. Definición incompleta y muy confusa

Modo-B: Modulación de Brillo. Un escáner modo-A cuya amplitud es traducida en una escala de brillo. La localización del objeto en la pantalla esta relaciona a la posición y la profundidad. Definición incompleta.

Porcentaje de grasa intramuscular: Un objetivo de la medida de Ultrasonido. Este porcentaje está altamente correlacionado con los grados de evaluación visual de la USDA (United States Department of Agriculture) de marmoreo en la canal.

Tiempo-real: Condición en la cual, las imágenes generadas por el ultrasonido luego de la activación secuencial de las piezas del transductor son visualizadas en la pantalla a velocidad suficiente para dar la apariencia de una imagen viva.

Transductor: El cristal piezoeléctrico o elemento que convierte la energía eléctrica en energía mecánica. El transductor es también llamado sonda

y es el instrumento de manejo usado no solamente para generar ondas de sonido sino para recibir sus ecos. El transductor típicamente funciona como generador en un 10% del tiempo y como receptor en el otro 90%.

Ultrasonido: Sonido de una frecuencia superior al percibido por el oído humano. El ultrasonido de diagnóstico queda en la región de 1-10 MHz.

Velocidad: La velocidad de viaje de la onda de ultrasonido. La velocidad es dependiente de cada tejido. En el tejido la densidad es normalmente dependiente y varía de 1500 a 1600 m/s⁻¹. Un promedio de 1540 m/s⁻¹ es la velocidad que se normalmente se adopta.



BIBLIOGRAFÍA

- Brethour, J. R.** 1994. Estimating marbling score in live cattle from ultrasound images using pattern recognition and neural network procedures. *Journal of Animal Science*. 72: 1425-1432.
- Calles J.A.E., Gaskins C.T., Busboom J.R., Duckett S.K., Cronrath J.D., Reeves J.J. y Wright R.W.** 2000 Differences among Wagyu sires for USDA carcass traits and palatability attributes of cooked rib eye steaks. *Journal of Animal Science* 78: 1710-1715.
- Celorrío, I, M. Carbajo, J.C. Domínguez, L. Anel, J.C. Boixo, J.C. Chamorro y G. Gutiérrez.** 1994. Estudio de la eficacia de la ultrasonografía tipo B como método de diagnóstico de gestación en ganado ovino. 7^{as} Jornadas Internacionales de Reproducción Animal. Murcia.
- Gardon, J.C.** 2005. Principios básicos de la ultrasonografía. *Albéitar*. n° 79: 6-7.
- Gresham, J. D.** 1996. Estimating Beef Cattle Composition and Market Quality by Use of Ultrasound: an International Technology to Improve Livestock Quality-*Pie Medical Eq.*
- Gresham, J. D.** 1995. Ultrasonography as an objective tool for evaluating live beef cattle: Using the Pie Scanner 200 Ultrasound Scanner. *The Ultrasound Review*. Classic Ultrasound Equipment, 19900 Mona Road, Suite 105, Tequesta, FL 33469.
- Gresham, J. D.** 1996. Introduction to characterization of live beef muscle tissue by use of the Pie 200 Scanner quality indexing program: An automated system for estimating quality grade of beef animals. *The Ultrasound Review*. Classic Ultrasound Equipment, 19900 Mona Road, Suite 105, Tequesta, FL 33469.
- Griffin,, D. B., Savell, J. W., Recio, H. A., Garrett, R. P. y Cross, H. R.** 1999 Predicting Carcass Composition of Beef Cattle Using Ultrasound Technology. *Journal of Animal Science* 77: 889-892.

- Hassen, A., D. E. Wilson, et al.** 1999. Repeatability of ultrasound-predicted percentage of intramuscular fat in feedlot cattle. *Journal of Animal Science* 77(6): 1335-1340.
- Kriese, L. A., L. D. Van Vleck, K. E. Gregory, K. G. Boldman, L. V. Cundiff and R. M. Koch.** 1994. Estimates of genetic parameters for 320-d pelvic measurements of males and females and calving ease of 2-year-old females. *J. Anim. Sci.* 72:1954-1963.
- Loriot N, S Martinot, M Franck.** 1997. *Ecografía abdominal del perro y el gato*. Masson, Barcelona, España.
- Hamlin, K. E., R. D. Green, L. V. Cundiff, T. L. Wheeler y M. E. Dikerman.** 1995a. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and *longissimus* muscle area: I. Description of age and weight effects. *Journal of Animal Science* 73: 1713-1724.
- Hamlin, K. E., R. D. Green, L. V. Cundiff, T. L. Wheeler y M. E. Dikerman.** 1995b. Real-time ultrasonic measurement of fat thickness and *longissimus* muscle area: II. Relationship between real-time ultrasound measures and carcass retail yield. *Journal of Animal Science.* 73: 1725-1734.
- May, S. G., Mies, W. L., Edwards, J. W., Harris, J. J., Morgan, J. B., Garrett, R. P., Williams, F. L., Wise, J. W., Cross, H. R., y Savell, J.W.** 2000. Using live estimates and ultrasound measurements to predict beef carcass cutability. *Journal of Animal Science* 78:1255-1261.
- Moser, D. W., J. K. Bertrand, I. Mitztal, L. A. Kriese, y L. L. Benyshek.** 1997. Genetic parameter estimates for carcass and yearling ultrasound measurements in Brangus cattle. *Journal of Animal Science* 75 (Suppl 1): 149 (Abstract).
- Pinto L. F.; Tarouco, J.U, Pedrosa, V. B., Ferraz, J., B.** 2009. Parâmetros genéticos de características de carcaça e de desempenho na raça Angus. 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Maringá, PR – UEM – 14 a 17 de julho de 2009.
- Reverter, A., D. J. Johnston, H.-U. Graser, M. L. Wolcott, y W. H. Upton.** 2000. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 78:1786-1795.
- Ríos, M.** 2003. Efecto de los cambios energéticos de la dieta suministrada a novillas Holstein en la Sabana de Bogotá en el proceso reproductivo a nivel ovárico. Tesis de Pregrado Universidad Distrital Francisco José Caldas.

Reverter, A., D. J. Johnston, H.-U. Graser, M. L. Wolcott, y W. H. Upton. 2000. Genetic analyses of live-animal ultrasound and abattoir carcass traits in Australian Angus and Hereford cattle. *Journal of Animal Science* 78:1786-1795.

Stouffer, J. R., M. V. Valentine, G. H. Wellington, y A. Diekmann. 1961. Development and application of ultrasonic methods for measuring fat thickness and rib eye area in cattle and hogs. *Journal of Animal Science*. 20:759-767.

Tarouco, J.U., Piva Lobato, JF, Krief, AT, Glauco dos Santos, M. 2005. Relação entre Medidas Ultra-Sônicas e Espessura de Gordura Subcutânea ou Área de Olho de Lombo. *Revista Brasileira de Zootecnia* 34:2074-2084.

Tarouco, J. U. 2008. A utilização da técnica de ultra-sonografia em tempo real para avaliação e seleção de características de carcaça em animais de corte. In: *Anais do Zootec 2008, 2008, João Pessoa-PB. Anais do Zootec 2008. João Pessoa-PB : Universidade Federal da Paraíba-UFPB, 2008. p. 1-26.*

Tarouco, J., Pedrosa, V. B., Pinto L. F.; Batista L. F. 2009. Estimación de parâmetros genéticos para características de carcaça e desenvolvimento ponderal na raça Brangus Angus. 46ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia Maringa, PR – UEM – 14 a 17 de julho de 2009.

Velásquez, J. G. 2002. Determinación de perfiles metabólicos asociados con el comportamiento reproductivo de razas bovinas criollas. En *Informe de Resultados CONVENIO 094-00/ MADR-CIAT-CORPOICA.*

Williams, R. E., J. K. Bertrand, S. E. Williams, y L. L. Benyshek. 1997. Biceps femoris and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *Journal of Animal Science*. 75:7-13.

Wilson, D. E. 1994 Real – Time Ultrasonic evaluation of beef cattle. Iowa State University, Ultrasound Precertification Training Program.

Whittaker A.D., Park B., Thane B. R., Miller R.K. y Savell J.W. 1992. Principles of Ultrasound and Measurement of Intramuscular Fat. *Journal of Animal Science*. 70: 942-952.

Terminó de imprimirse
en Agosto de 2011 en



Tel: 422 7356
Bogotá, DC, Colombia