

---

## Capítulo 1. CONCEPTOS GENERALES DE LA ULTRASONOGRAFÍA

### I. APLICACIONES DE LA ULTRASONOGRAFÍA EN LA PRODUCCION ANIMAL: CONCEPTOS GENERALES

#### I.1. Introducción

La principal meta de la industria cárnica en Uruguay, en este nuevo siglo, es la de satisfacer la demanda de los consumidores en los diferentes mercados cárnicos, siendo ésta cada día más competitiva. Mientras que la mayoría de las industrias producen un producto para un mercado, la industria de la carne ha producido generalmente un producto y ha tratado de encontrar un mercado para dicho producto. Es imperante que la industria cárnica pase de producir un *commodity* a ser una industria orientada y dirigida por las preferencias del consumidor.

El éxito y supervivencia de esta industria radicará en que los productores puedan satisfacer estas preferencias incorporando genética y nuevas prácticas de alimentación para una comercialización más efectiva de sus productos. La predicción confiable de la composición del animal vivo y de su canal es crítica para todos los segmentos de la cadena cárnica en la búsqueda de los objetivos enumerados.

El beneficio de la correcta estimación de dicha composición corporal a nivel del productor se refleja en un mayor conocimiento del ganado, más allá del peso vivo o de faena, clasificando los animales en diferentes lotes de similar composición, permitiendo un uso más eficiente de la alimentación de los mismos y definiendo cual es el mercado más conveniente para su producto. Al nivel de los frigoríficos las ventajas radican en poder comprar productos que se ajusten a las demandas de sus compradores y que den un mayor rendimiento carnicero, no trasladando costos extras, como por ejemplo el exceso de grasa, a otros sectores de la cadena.

Para que estas modificaciones en los distintos segmentos de la cadena cárnica prosperen, es necesario contar con un sistema de pago por premios o incentivos (diferenciación monetaria) que remunere el mérito individual del animal y su canal, permitiendo al productor emprender los cambios pertinentes (desde la selección de los animales genéticamente superiores, pasando por el ajuste de los programas de alimentación acorde a la composición de los animales como a los mercados que se desee acceder).

En la medida que la industria de la carne se mueva hacia estos conceptos, será imperante el uso de tecnologías o metodologías objetivas para la correcta estimación de la composición del animal.

Una de estas tecnologías es la ultrasonografía, la cual ha sido ampliamente utilizada en el área de selección genética, obteniendo información relevante para el desarrollo de los índices para las diferencias esperadas de la progenie (DEP) en área del ojo del bife,

grasa subcutánea y grado de marmoreo. Pero a la vez presenta un gran potencial para clasificar ganado en grupos de composición similar, siguiendo la evolución de aquellas características durante el período de alimentación y para estimar el valor de las distintas canales.

## **I.2. Descripción de la técnica del ultrasonido**

Se han desarrollado diferentes métodos para la estimación de la composición del cuerpo y de la canal. Existen métodos directos (análisis químico de la canal, *in vitro*), indirectos (tomografía computarizada, resonancia magnética) y doblemente indirectos (ultrasonografía y absorción infraroja). Los métodos doblemente indirectos están basados en relaciones estadísticas entre parámetros medidos en el cuerpo y la información obtenida por la metodología en estudio.

La ultrasonografía ha sido utilizada en la industria cárnica como un medio para determinar y conocer aspectos de la composición del cuerpo animal desde 1950. Es una técnica no destructiva y permite la cuantificación de tejidos musculares y grasos en el animal vivo. Las ventajas de esta técnica radican en el relativo bajo costo, fácil uso y seguridad en el potencial para estimar características de las canales (rendimiento y calidad).

La energía ultrasónica es mecánica. Dicha energía vibracional en forma de ondas, posee una frecuencia mayor a 20 kHz (por encima del sonido audible humano). La mayoría de las medidas de los tejidos están comprendidas en el rango de frecuencias de 1 a 5 MHz.

Las pulsaciones eléctricas de ultrasonografía son producidas en un transductor por las vibraciones de cristales con presión eléctrica. Estas pulsaciones son propagadas como ondas, las cuales gradualmente pierden energía por absorción (disipándose como calor) y por reflexión parcial. Las mismas son transmitidas a través de un tejido hasta alcanzar una interfase, como es por ejemplo, la diferencia de densidad entre el tejido muscular y el graso. Algunas de estas ondas de sonido penetran el tejido, mientras que otras son reflejadas hacia el transductor, generando energía mecánica al deformar los cristales. Dicha energía es convertida en energía eléctrica y proyectada en diferentes formas.

Existen tres modos de proyección: a) Modo de amplitud (A-modo), donde la imagen proyectada es de una dimensión; b) Modo de brillo (B-modo), de dos dimensiones y c) Modo de movimiento, también de una dimensión.

La primera (A-modo) ha sido utilizada, inicialmente, en la determinación de grasa subcutánea y profundidad de músculo en animales vivos. Este sistema no puede ser utilizado para medir área del ojo del bife. El modo de brillo (B-modo) permite optimizar la resolución de profundidad. La ultrasonografía de tiempo real es una versión del B-modo, donde se crea una imagen viva e instantánea, siendo actualmente el modo más aceptado para uso en el ganado. La interpretación precisa de esta imagen en un animal vivo por el responsable de la medición dependerá de su conocimiento de anatomía, del lugar correcto de medición y de la comprensión de lo que representa la imagen obtenida.

El uso adecuado de la ultrasonografía genera información sobre la composición del animal vivo, pudiéndose ser usada para: a) estimar características de la canal en animales para faena, b) determinar puntos de faena ideales, c) identificar sistemas de

manejo y alimentación apropiados para las características de cada animal o grupo de animales, d) seleccionar animales genéticamente superiores.

Los trabajos de investigación referentes al uso de la ultrasonografía para estimar características de la canal muestran que la misma tiene alta precisión para la predicción de grasa subcutánea, baja a alta precisión para estimar área del ojo del bife y es baja a moderadamente precisa para grado de marmoreo. (Cuadro 1)

**Cuadro 1:** Rango de los coeficientes de correlación para características de la canal

Características de la canal	Rango de coef. De correlación
Grasa subcutánea	0.74 a 0.94
Área ojo del bife	0.20 a 0.95
Marmoreo	0.22 a 0.75

Fuente: Busboom et al., 1997

El coeficiente de correlación es un indicador del grado de relación entre dos variables, en esta situación entre la medida tomada con ultrasonografía y la medición en la canal posfaena. El coeficiente de correlación va de  $-1$  a  $1$ . Si éste es mayor que  $0$ , existe una relación lineal y positiva entre las variables, en cambio si es menor que  $0$ , la relación es lineal y negativa. Una exacta predicción de las características de la canal usando mediciones por ultrasonografía es obtenida cuando los coeficientes de correlación están cercanos a  $1$ .

### **I.3. Errores en la evaluación del ganado con la técnica del ultrasonido**

Exactitud y repetibilidad son dos conceptos importantes a tener en cuenta, cuando se evalúa el éxito de la aplicación de esta tecnología. Cochran y Cox (1957) definieron exactitud como lo más cerca que una medición se aproxima a su valor real y precisión como la repetibilidad de las mediciones. Se entiende por repetibilidad a la correlación entre medidas repetidas en un mismo animal. Esta correlación puede ser evaluada entre mediciones repetidas en un mismo animal entre técnicos o entre mediciones repetidas en un mismo animal por técnico.

La exactitud y repetibilidad son altamente dependientes del técnico responsable de la medición y del nivel de experiencia que éste posee. Por lo tanto, las mediciones de ultrasonografía pueden ser consideradas fuentes de información confiables para la determinación de características de la canal, si el técnico posee la suficiente capacidad y experiencia para registrarlas correctamente.

Las principales deficiencias en la exactitud y repetibilidad de las mediciones están relacionadas a: a) variación en los animales, b) cambios al nivel de los tejidos (músculo y grasa) después de la faena, c) la correcta interpretación de las imágenes, d) conocimiento en el manejo del equipo y en la toma de las mediciones, e) nivel de entrenamiento y experiencia del técnico y f) exactitud de los equipos y software.

Para realizar un buen uso de esta tecnología, es necesario contar con técnicos competentes y que además, posean la certificación correspondiente otorgada por asociaciones de técnicos en ultrasonografía para uso animal. Es necesario contar con considerable capacidad y práctica para registrar mediciones ultrasonográficas con exactitud y asegurar el éxito de esta tecnología. Para ello es imperante la implementación de un esquema de certificación que permita la capacitación de técnicos particulares y de personal vinculado a la investigación.

#### **I.4. Descripción de las principales medidas ultrasonográficas en producción animal**

##### **I.4.1. Área del ojo del bife**

El área del ojo del bife es el área correspondiente al músculo *longissimus dorsi* a nivel del espacio intercostal entre la 10-11<sup>a</sup> o 12-13<sup>a</sup> costilla, dependiendo del tipo de corte y de la evaluación realizada por los tipificadores en cada planta frigorífica.

Dicha variable ha sido incluida en la mayoría de los trabajos de investigación de USA, debido a que es un componente de la ecuación de rendimiento utilizada por el USDA en la clasificación y tipificación de canales. Aunque la literatura menciona rangos de correlación desde 0,22 a 0,95, las correlaciones entre la medición con ultrasonido y el área medida en la canal del músculo *longissimus dorsi* son raramente inferiores a 0,5. La mayoría de los estudios muestran correlaciones estadísticamente significativas entre 0,6 y 0,8 (Smith et al., 1992; Hamlin et al., 1995; Trenkle, 1998).

Las variaciones mencionadas pueden estar comprendidas en: el método de determinación, la impropia ubicación del transductor, la inadecuada interpretación de las imágenes, las diferencias en el lugar de medición por ultrasonido y en la canal (12-13<sup>a</sup> vs 10-11<sup>a</sup> costilla), cambios en la configuración del músculo durante su procesamiento y desarrollo del rigor mortis, y en las diferencias de configuración entre el animal en pie y la canal colgada.

Smith et al., (1992) concluyó que el área del ojo del bife es generalmente sobre estimado en canales con áreas menores a 71 cm<sup>2</sup> y es subestimado para áreas mayores a 84 cm<sup>2</sup>.

Al considerar la predicción de cortes carniceros y recortes de grasa en ganado vacuno, Williams et al. (1997) y Hassen et al. (1998) encontraron que la medición por ultrasonido del área del ojo del bife estuvo positivamente correlacionada con el peso de los cortes minoristas. Herring et al. (1994), por su parte, reportaron que esta medición no mejoró las ecuaciones de predicción para rendimiento carnicero, después que las variables peso de la carcasa y espesor de grasa subcutánea medida con ultrasonografía fueron consideradas en la estimación.

Sin embargo, el área del ojo del bife podría explicar la variación existente en rendimiento carnicero entre diferentes grupos raciales e incluso entre canales con poca variabilidad en espesor de grasa subcutánea.

##### **I.4.2. Espesor de grasa subcutánea**

El espesor de grasa subcutánea es la profundidad del tejido graso sobre el área del ojo del bife (*longissimus dorsi*) a la 10<sup>a</sup> o 12<sup>a</sup> costilla. La misma consiste de una simple medición registrada a una distancia equivalente a los  $\frac{3}{4}$  de longitud de este músculo desde la espina dorsal. Este punto se corresponde con la evaluación de esta variable en la canal, tal como es considerada en determinados sistemas de tipificación (ej: USA). El desarrollo de imágenes de dos dimensiones permite una rápida estimación de esta variable.

Para las condiciones de USA, el espesor de grasa subcutánea explica el 70% de la variación en rendimiento de las canales. Las tasas de crecimiento varían con los diferentes tipos biológicos y líneas genéticas, lo que determina la utilidad de esta variable para predecir rendimiento carnicero. Los resultados obtenidos por la investigación indican que la ultrasonografía es suficientemente sensible para detectar los cambios en el espesor de grasa en el tiempo en el animal vivo. Sin embargo, algunos errores pueden presentarse al relacionar la medición en vivo y la correspondiente en la canal.

Estos errores pueden estar relacionados con la postura del animal, con la elección del sitio a medir, con la equivocada interpretación de las capas de tejido conectivo que normalmente se forman entre el tejido graso para dar soporte y rigidez (este error incrementa con la gordura del animal) y con la remoción mecánica del cuero (parches de grasa quedan en él).

Numerosas publicaciones (Hassen et al., 1999; Hamlin et al, 1995; Faulkner et al., 1990) utilizando sistemas de alimentación a corral y con una enorme variación en el tipo de animal a engorde, concuerdan que el espesor de grasa subcutánea a nivel de la 12<sup>a</sup> costilla es el indicador más exacto en la predicción de la composición de la canal, del porcentaje de producto minoristas (cortes) y del porcentaje de desgrasado.

En ensayos realizados en Uruguay por de Mattos y De los Campos (2000), esta variable presentó muy poco aporte en la predicción de cortes especiales para Inglaterra, siendo peso vivo la principal variable. Esto puede ser explicado por el tipo racial utilizado (Hereford), el cual fue más homogéneo al compararlo con el utilizado en la mayoría de los trabajos americanos (cruzas británicas y británica por continental) y por el sistema de alimentación, principalmente en base a pasturas.

### **1.4.3. Grasa intramuscular (marmoreo)**

La importancia de esta variable radica en la posibilidad de obtener un producto final de mayor calidad, mejorando la palatabilidad, ternura y sabor de la carne satisfaciendo de esa forma la demanda de los consumidores

Las imágenes de ultrasonido para estimar el porcentaje de grasa intramuscular son tomadas longitudinalmente a través de la 11-13<sup>a</sup> costilla del animal. La distribución de la grasa intramuscular es más concentrada alrededor de las áreas de mayor actividad vascular en el músculo *longissimus dorsi* (bife angosto).

La predicción de esta variable en el animal vivo supera a la realizada en la canal, ya que la pérdida de sangre en los capilares y la falta de oxígeno en el animal faenado reducen el efecto de dispersión de las ondas ultrasónicas.

La cantidad de grasa intramuscular depende principalmente del factor genético, aunque otras variables como la nutrición, el estrés y el número de días en engorde juegan un rol importante.

Hassen et al. (1999) concluyó que esta característica, en general, no es tan repetible como el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonografía. Por lo que mediciones repetidas en un mismo animal podrían mejorar la precisión de la predicción.

#### **I.4.4. P 8 (grasa subcutánea a nivel del cuadril)**

Esta medición es realizada en la intersección de los músculos *gluteus medius* (cuadril) y *biceps femoris* en la región de la cadera, paralelo a la columna vertebral. Como se mencionó, en párrafos anteriores, el espesor de grasa subcutánea es la variable más exacta para predecir composición de la canal, pero otras medidas del tejido graso en diferentes sitios del animal han mostrado utilidad para este objetivo (Hassen et al., 1999; Williams et al., 1997). P8 es una medida alternativa de la grasa externa, la cual ayuda a predecir puntos finales de composición corporal, tales como el porcentaje de cortes minoristas.

Para nuestras condiciones, P8 fue la segunda variable en importancia, después del peso vivo, en explicar la variación existente en la predicción de determinados cortes con destino al Reino Unido (de Mattos y De los Campos, com. pers. 2000).

### **I.5. Uso de la ultrasonografía para estimar DEP (diferencias esperadas en la progenie) para características de la canal**

Las DEP para características de las canales son estimaciones de los méritos genéticos de un animal para esas características, las cuales son medidas por ultrasonografía a los 15 meses de edad. Obviamente, no existe un interés directo en conocer los datos de la canal de los padres en estudio, sino que el mismo radica en conocer la información de la canal de los novillos de la progenie. Hay una fuerte correlación entre las mediciones con ultrasonido en los padres y los datos obtenidos de las canales de sus progenies.

Antes de poder establecer mejoras en las características de las canales, debemos considerar el mérito genético del rodeo para estas características. Es necesario por lo tanto establecer un seguimiento de los animales desde su nacimiento hasta la faena. Los animales deberán pertenecer a un mismo grupo contemporáneo, definido éste como animales provenientes de un mismo rodeo, de la misma raza, edad y sexo, recibir un alimentación y práctica de manejo semejante y ser faenados en condiciones similares y a la misma edad o punto final de faena (peso o grado de terminación).

Al medir el mérito de la canal, debemos considerar aquellas características que afectan el valor real de la misma:

Edad del animal. La misma puede ser determinada por dentición, por el grado de osificación de las vértebras y costillas y por el color del hueso y de la carne.

Rendimiento carnicero. Es la clasificación de las canales por sus cortes y respectivos pesos (lomo, costilla, nalga y paleta). Los parámetros considerados para su determinación son: peso de la canal caliente; espesor de grasa subcutánea (a nivel de la 10-11ª ó 12-13ª costilla según el tipo de corte realizado); y área del ojo del bife (en el mismo lugar de la canal en el que se hace la medición anterior).

Calidad de la canal. Esta es determinada por edad y grado de marmoreo.

La mayoría de estas características son expresadas en los animales como resultado de dos factores: genéticos y ambientales. En el cuadro 2, se presentan las relaciones genéticas y fenotípicas entre características de la canal, así como su heredabilidad estimada.

**Cuadro 2:** Heredabilidades y correlaciones para características de la canal

Características de la canal	PC	AOB	GS	M	%PM
<b>Peso canal (PC)</b>	<b>0.33</b>	<i>0.49</i>	<i>0.23</i>	<i>-0.04</i>	<i>-0.21</i>
<b>Área ojo bife (AOB)</b>	0.40	<b>0.28</b>	<i>-0.12</i>	<i>-0.03</i>	<i>0.52</i>
<b>Grasa subcutánea (GS)</b>	0.25	-0.10	<b>0.27</b>	<i>0.15</i>	<i>-0.85</i>
<b>Grado de marmoreo (M)</b>	0.10	-0.09	-0.05	<b>0.39</b>	<i>0.01</i>
<b>% Producto minorista (%PM)</b>	-0.27	0.53	-0.80	-0.16	<b>0.25</b>

Fuente: Wilson, D. in "Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle". (Iowa State University, 1994)

Nota: Heredabilidades en diagonal y negritas

Correlaciones genéticas: arriba de la diagonal y en itálica

Correlaciones fenotípicas: abajo de la diagonal

%Producto minorista: % de cortes carniceros desgrasados con destino a venta en supermercados

Del cuadro anterior se puede concluir que las mencionadas características son moderada a altamente heredables, lo cual permitiría obtener un rápido progreso genético a través de una adecuada selección de los padres.

Un dato importante a resaltar de las correlaciones genéticas, es la viabilidad de incrementar el área del ojo del bife y el grado de marmoreo y simultáneamente reducir el espesor de grasa subcutánea con la aplicación de una apropiada práctica de selección.

Es pertinente, en este punto, entender y definir las DEP para dichas características de las canales.

*DEP para peso de la canal:* es la diferencia en peso de la canal caliente para el promedio de la progenie de los padres a 450 días de edad. Se expresa en kilogramos. Al igual que en otros DEP (peso al nacer, peso al destete, etc) el valor absoluto no es tan importante como las diferencias entre padres.

*DEP para área del ojo del bife:* es la diferencia en área del ojo del bife para el promedio de la progenie de los padres a 450 días de edad. La misma puede ser tomada entre la 10-11<sup>a</sup> o 12-13<sup>a</sup> costilla y es medida en cm<sup>2</sup>. El área del ojo del bife, a peso constante, explica en forma importante parte de la variación observada en el porcentaje de los cortes, existiendo una alta correlación genética entre área del ojo del bife y el porcentaje de producto minorista (ver cuadro 2). Una especial consideración debería ser tenida en cuenta si se usara la relación área del ojo del bife/ peso de la canal, pudiéndose constatar cambios en el tamaño a la madurez.

*DEP para espesor de grasa subcutánea:* es la diferencia en espesor de grasa subcutánea para el promedio de la progenie de los padres a 450 días de edad. Es medida sobre la 10<sup>a</sup> o 12<sup>a</sup> costilla, midiéndose en cm. El espesor de grasa subcutánea presenta una relación genética negativa con el porcentaje de producto minorista.

*DEP para grado de marmoreo:* es la diferencia en grado de marmoreo (% de grasa intramuscular) para el promedio de la progenie de los padres a 450 días de edad. Es medida en el área del ojo del bife y es una característica altamente heredable.

Al usar las DEP para la canal, no se deberían ignorar los índices para las características de crecimiento y eficiencia reproductiva. La selección por características múltiples es la forma más apropiada para hacer selección, particularmente para características de la canal. Desde el punto de vista práctico por ejemplo, DEP mayores para espesor de grasa subcutánea podrían ser beneficiosos para la eficiencia reproductiva, no así para área del ojo del bife.

## **I.6. Aplicaciones prácticas de la ultrasonografía en animales en engorde**

Existe una importante variación en la composición de los animales dentro de un grupo destinado a engorde, la cual disminuye las oportunidades de una alimentación eficiente y de una adecuada estrategia de venta. Tradicionalmente los animales dentro del grupo (corral en caso de productores de feedlot) son comercializados en una misma fecha. Si estos animales fueran más uniformes, podrían ser alimentados acorde a sus requerimientos evitando tener animales sobre o sub alimentados. La sobrealimentación representa una pérdida tanto en los costos de alimentación, como en la pérdida de rentabilidad por perder el momento óptimo de embarque aumentando los costos posfaena debido al exceso de grasa. Esto último generalmente es penalizado en escenarios donde se considera el mérito individual de la canal. Los novillos al incrementar su grado de gordura se tornan ineficientes en la conversión de los alimentos, reduciendo el consumo de materia seca disminuyendo su performance al pasar de una fase de crecimiento a otra de deposición de grasa exclusivamente. Animales sub-alimentados poseen un potencial adicional de ganancia, bajos rendimiento en segunda balanza y grado no deseable en la calidad de su canal.

La clasificación y el agrupamiento de estos animales en grupos de similar composición basado en las características de su canal y los días óptimos de alimentación podría ser la vía para incrementar la eficiencia y la calidad del producto logrando un mayor rentabilidad del sistema de producción. La estimación de la composición y predicción de las características de las canales es importante al arribo de los animales al predio, durante el



---

período de engorde y próximo al momento de faena, como también poder predecir el número de días de alimentación requerido por cada grupo para alcanzar un punto composicional de faena prefijado según las condiciones de comercialización o el tipo de mercado seleccionado.

Las mediciones en animales vivos de espesor de grasa subcutánea, área del ojo del bife a nivel de la 12<sup>a</sup> costilla y porcentaje de grasa intramuscular (grado de marmoreo) mediante el uso de ultrasonografía de tiempo real, permite realizar la evaluación mencionada y la predicción de los méritos futuros de las canales.

Esta tecnología complementada con las apreciaciones corporales visuales (músculo y grasa) realizada por gente capacitada, el peso vivo y la altura del anca, permitirá incrementar la eficacia de la práctica de agrupamiento de los animales previo y durante el proceso de terminación.

Estudios previos (Harada et al, 1985) revelan una alta correlación entre las mediciones de ultrasonografía tomadas a los 12 meses de edad, con las correspondientes realizadas a los 16 y 22 meses de edad. La misma conclusión fue alcanzada por Hassen et al (1998). Este autor considera que las mediciones de ultrasonografía a tiempo real a los 365 días de edad puede ser utilizadas para el manejo propuesto en animales de engorde.

Considerando este tipo de animales de un año de edad, la fase de engorde se caracteriza por un rápido crecimiento de los tejidos musculares y grasos, lo cual se detecta con las mediciones del área del ojo del bife y del espesor de grasa subcutánea, respectivamente. Esto es de suma importancia cuando se busca clasificar los animales considerando la parte cuantitativa de rendimiento de la canal.

Es importante remarcar y tener en consideración, en este punto, las diferencias de crecimiento existente entre los distintos tipos raciales, que van a estar afectando el rendimiento carnicero (las razas británicas son más precoces que las continentales y cebuinas).

Numerosos trabajos de investigación en USA en novillos a feedlot, avalan estos conceptos, donde la principal variable a considerar para la clasificación de grupos de similar composición, es espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonografía. Otras variables, como peso vivo, altura del anca y área del ojo del bife, se suman a la anterior para mejorar la eficiencia de esta práctica. Para nuestras condiciones de engorde, principalmente en base a pasturas, el peso vivo sería la principal variable a considerar inicialmente, cuando se trata de predecir rendimiento carnicero (de Mattos y De los Campos, com. per. 2000).

Desde el punto de vista de la calidad de la canal, no sucedería lo mismo con la evolución del porcentaje de grasa intramuscular que si bien este incrementa con los días de alimentación, estaría dependiendo más del factor genético que del manejo.

El beneficio económico asociado con la práctica de clasificación varía con el tipo de ganado, el costo de la medición de ultrasonografía y del sistema de comercialización en

base a premios y castigos, en caso de existir. Aunque esta evaluación puede estar afectada por la fecha de embarque y las variaciones de precios de compra entre frigoríficos.

Busboom et al. (1997), en novillos de feedlot y en condiciones de comercialización para USA, clasificando los animales por espesor de grasa (medida por ultrasonido) junto a otras variables de crecimiento, detectaron un incremento de las ganancias de U\$S 20 por animal sobre el sistema de clasificación visual.

Cuando el objetivo es obtener la estimación más exacta de la composición de la canal, las mediciones realizadas al final del período de engorde (2 o 3 días previo a la faena) muestran los mayores coeficientes de correlación. Sin embargo, existen ciertas desventajas en la toma de registros por ultrasonografía previo a la faena, tales como el estrés adicional en los animales, el incremento en la incidencia de machucamiento, las reducciones en la ganancia de peso, los costos de labor extras.

---

## ETAPA ESTADOS UNIDOS

### II. EXACTITUD EN LA PREDICCIÓN DEL ÁREA DEL OJO DEL BIFE Y ESPESOR DE GRASA SUBCUTÁNEA EN LA CANAL DE NOVILLOS A FEEDLOT USANDO MEDICIONES SERIADAS DE ULTRASONIDO

#### II.1. Introducción

La industria cárnica en el mundo deberá ser más competitiva para reconquistar parte del mercado que hoy ostenta la industria avícola y porcina y al mismo tiempo satisfacer la demanda de los consumidores. Para nuestra situación, a su vez es importante no sólo mantener los mercados tradicionales, sino que además captar nuevas oportunidades. En la medida que se empiece a caminar en esta dirección tratando de alcanzar estos objetivos, la exactitud de las mediciones en el animal vivo para predecir el mérito individual de cada canal se torna en una necesidad imperante. El uso de tecnologías como la ultrasonografía constituye una herramienta para estimar con exactitud las características de la canal en el animal vivo y clasificar animales a faena en grupos de similar composición. Trabajos de investigación previos demostraron el potencial de la ultrasonografía para agrupar novillos para engorde por espesor de grasa subcutánea junto con otras variables como peso vivo y altura del anca. (Trenkle, 1998; Houghton, 1990).

Las mediciones seriadas por ultrasonografía permitirá avanzar en la valoración individual de la canal, atendiendo especificaciones de mercados sobreponiéndose al pago tradicional por promedio del grupo. El éxito de los productores ante estos mercados dependerá del conocimiento y la uniformidad de sus productos.

El objetivo de éste estudio fue evaluar las mediciones seriadas por ultrasonografía de grasa y músculo durante el período de alimentación para la predicción del espesor de grasa subcutánea, del área del ojo del bife y del grado de marmoreo en novillos de sobreañeo.

#### II.2. Materiales y Métodos

En este experimento fueron utilizados 43 novillos Hereford y cruce Hereford, de parentesco conocido, con 15 meses de edad. Estos novillos estuvieron en campo natural mejorado por un período aproximado de 10 meses, posterior a su destete y previo al período de engorde. En junio de 1997 fueron enviados a las facilidades de feedlot que dispone la Universidad de Georgia en su Unidad Experimental para vacunos "Whitehall" (Athens, Georgia). El período de engorde fue de 84 días y el alimento suministrado en ese período consistió de 78% de grano de maíz y 15% de semilla de algodón. Los novillos fueron asignados al azar en dos corrales (22 y 21 novillos en cada uno) techados y con libre acceso al agua. El ganado fue pesado individualmente en las primeras horas del día, antes de su alimentación, al comenzar el estudio, cada 14 días y previo a su embarque. Junto con los registros de peso vivo (PV) se midió altura del anca (AA) y se tomaron imágenes por ultrasonografía de área del ojo del bife (UAOB), espesor de grasa

subcutánea (UGS) y porcentaje de grasa intramuscular (UMAR). Un técnico certificado por la Beef Improvement Federation (BIF) fue el responsable de los registros por ultrasonido. La última medición ultrasonográfica fue realizada dos a tres días antes de la faena, usando dos días diferentes para cada corral. El equipo de ultrasonografía era marca Aloka 500V con diagnóstico de tiempo real (Corometrics Medical Systems, Wallingford, CT) contando con un transductor de 172 mm de largo y 3,5 MHz. Con la finalidad de optimizar la calidad de la imagen, el sitio a medir en el animal fue afeitado, cepillado (para eliminar suciedades) y aceitado con aceite de origen vegetal, usándose una guía de material blando para facilitar el contacto entre el transductor y las superficies curvas del animal.

El sitio para la toma de imágenes de UAOB, UGS y UMAR, fue determinado por palpación entre la 12-13<sup>a</sup> costilla en el lado derecho del animal. El traductor fue ubicado en dicho espacio intercostal, siguiendo el contorno de las costillas, para el registro de las dos primeras variables. La imagen para UMAR fue realizada paralelo a la espina dorsal, considerando la sección longitudinal del músculo *longissimus dorsi* desde la 11<sup>a</sup> a la 13<sup>a</sup> costilla.

Las imágenes fueron almacenadas en un ordenador para su posterior interpretación por parte del mismo técnico. La medición lineal de UGS fue realizada a  $\frac{3}{4}$  de distancia desde la vértebra a nivel del *longissimus dorsi*. La medición correspondiente a UAOB incluyó sólo el mencionado músculo.

Al finalizar el período de engorde, los novillos fueron enviados a un frigorífico comercial, depositados en los corrales de espera por una noche y faenados al otro día con técnicas que tienen en cuenta el bienestar animal. Las canales fueron pesadas inmediatamente después de la faena, enfriadas a 4 °C por 48 hs y clasificadas y tipificadas por personal entrenado de USDA. Se midió peso de la canal caliente, espesor de grasa subcutánea en la 12<sup>a</sup> costilla, área del ojo del bife, porcentaje de grasa arriñonada, pélvica y del corazón, madurez, grado de marmoreo, color, textura y firmeza). Para el cálculo del área del ojo del bife, se trazó la misma en acetato y se midió posteriormente con un planímetro Sigma Scan™ (Jandel Scientific, Corte Madera, Ca).

El corte correspondiente a la 12-13<sup>a</sup> costilla fue envasado al vacío y enviado fresco al Laboratorio de Carne de la Universidad de Georgia. Un bife de 1,27 cm de espesor fue removido de cada sección, recortando grasa subcutánea, tejido conectivo y músculos periféricos, de forma de aislar el músculo *longissimus dorsi*. El bife resultante fue envasado al vacío y congelado para posterior análisis químico. El contenido en lípidos fue utilizado para determinar el porcentaje de grasa intramuscular, ya que el software para el equipo ultrasonográfico fue desarrollado para predecir grasa intramuscular y no grado de marmoreo. Se analizó en forma triplicada considerándose como aceptable un error del 5% entre las repeticiones.

Para los análisis químicos, las muestras fueron previamente descongeladas, picadas y homogeneizadas en un procesador de alimentos (Robot Coupe).

### **II.2.1. Extracción de lípidos**

El contenido de lípidos en los bifes fue determinado utilizando el método de extracción con cloroformo y metanol (una modificación de los procedimientos de Folch et al., 1957). Después de haber descongelado las muestras, se pesaron 2,5 gr. de carne picada para cada uno de los tres tubos cónicos de 50 ml, en los cuales se realizó la centrifugación. Los tejidos fueron homogeneizados en una solución de cloroformo y metanol (en relación 1:2) con el uso de un homogeneizador (PRO 250, PRO Scientific Inc, Monroe, CT). Las muestras homogeneizadas se mantuvieron a temperatura ambiental por 1 hora para permitir la extracción de lípidos. Posteriormente 5 ml de cloroformo y 5 ml de KCl se agregaron a cada tubo. Los tubos fueron agitados y centrifugados por un tiempo de 10 min a 0 °C y a 829 g.

El resultado de este proceso, es un sistema bifásico, donde la fase superior contiene sustancias no lipídicas, mientras que la inferior posee esencialmente todos los lípidos. La parte superior fue aspirada cuidadosamente, evitando romper el pellet formado. Éste es vertido en una bandeja de papel de aluminio previamente pesada, las cuales habían sido secadas en un horno a 90 °C por un período de 12 hs. Para facilitar la evaporación del cloroformo y del metanol, las bandejas son depositadas en una campana por una noche y secadas, posteriormente, en un horno a 90 °C por 15 min y en un desecador por 5 min.

El cálculo del porcentaje lipídico fue determinado usando la ecuación:  
(Peso de la bandeja seca con lípidos – Peso de la bandeja seca)/ peso de la muestra \*100

### **II.2.2. Análisis estadístico**

Se estimaron las correlaciones Pearson entre las mediciones seriadas de ultrasonografía en el animal vivo y sus respectivas características en la canal. Además se desarrollaron ecuaciones de regresión para predecir las características de la canal utilizando el procedimiento Stepwise, considerando las mediciones en el animal vivo como variables independientes. Las ecuaciones de regresión para las mediciones individuales fueron calculadas usando las variables independientes medidas durante todo el período de alimentación, en las primeras seis secciones de ultrasonografía y en cada sección individual.

Estas variables independientes debían ser significativas ( $P < 0,10$ ) para permanecer en el modelo de regresión.

Para estudiar el comportamiento de las variables independientes, diferentes modelos de función lineal, exponencial y potencial fueron comparados utilizando planilla Excel.

## **II.3. Resultados y Discusión**

En el Cuadro 1 se presentan las abreviaciones asignadas a cada variable utilizada en éste estudio, mientras que en el Cuadro 2 se resumen las medias, desvíos estándar, mínimos y máximos de las principales características de las canales.

**Cuadro 1.- Descripción de las siglas**

<b>Siglas</b>	<b>Definición</b>
MAR	Marmoreo en la canal (300-399=insignificante; 400-499=poco)
GS	Grasa subcutánea en la canal (cm)
AOB	Area del ojo del bife (cm <sup>2</sup> )
UAOB	Area del ojo del bife por ultrasonido (cm <sup>2</sup> )
UGS	Espesor de grasa subcutánea en 12-13a costilla por ultrasonido (cm)
UMAR	Porcentaje de grasa intramuscular por ultrasonido (%)
UP8	Espesor de grasa subcutánea en cuadril por ultrasonido (cm)
UPBF	Profundidad del biceps femoris por ultrasonido(cm)
UPC	Profundidad del gluteus medius (cuadril) por ultrasonido (cm)
PV	Peso Vivo (kg)
AA	Altura del anca (cm)
Sesiones ultrasonido	1=1día;2=14días;3=28días;4=42días;5=56días;6=70días;7=82días

**Cuadro 2.- Medias, Desvíos estándares y Mínimos y Máximos para características de la Canal**

<b>Variable</b>	<b>Medias</b>	<b>Des.Est.</b>	<b>Mínimos</b>	<b>Máximos</b>
PCC	311.60	32.20	254.70	378.60
GS	1.27	0.33	0.83	2.00
MAR	391.69	48.88	305.00	517.50
AOB	76.38	8.12	54.93	93.50

### **II.3.1. Evolución de la composición del animal en el período de engorde medida a través de la ultrasonografía y mediciones en vivo**

Uno de los objetivos del estudio fue documentar los cambios en las mediciones por ultrasonografía (UGS, UA OB, UMAR, UP8, UPBF, UPC), altura del anca y peso vivo durante el período intensivo de alimentación. La mayoría de las variables (UA OB, UGS, UP8, UPBF, UPC, AA y PV) presentaron una respuesta lineal significativa en el período engorde (Cuadro 3).

**Cuadro 3.-** Medias y desvíos estándares de las mediciones ultrasonográficas, altura del anca y peso vivo en las distintas sesiones

Días	1	14	28	42	56	70	82
UGS	0.64 (0.20)	0.66 (0.20)	0.84 (0.20)	0.92 (0.23)	1.04 (0.27)	1.18 (0.33)	1.28 (0.30)
UAOB	57.96 (7.61)	63.19 (7.22)	68.06 (8.77)	66.52 (7.67)	72.06 (7.61)	72.65 (13.09)	74.39 (7.29)
UMAR	3.26 (0.65)	2.97 (0.58)	3.16 (0.65)	3.08 (0.64)	3.14 (0.57)	3.20 (0.81)	3.21 (0.62)
UP8	0.84 (0.20)	0.94 (0.23)	1.14 (0.23)	1.21 (0.26)	1.29 (0.25)	1.45 (0.24)	1.46 (0.27)
UPBF	7.40 (0.75)	8.40 (0.83)	9.36 (0.64)	9.29 (0.71)	9.88 (0.84)	10.16 (0.88)	10.21 (0.69)
UPC	6.97 (0.62)	7.49 (0.64)	7.74 (0.58)	7.68 (0.56)	8.13 (0.71)	8.45 (0.68)	8.34 (0.69)
AA	125.60 (4.34)	126.40 (4.38)	127.68 (4.60)	127.75 (4.60)	128.35 (3.96)	129.56 (4.62)	130.15 (3.94)
PV	396.50 (62.43)	426.24 (49.08)	458.05 (44.43)	474.22 (46.47)	491.64 (48.29)	507.07 (50.04)	527.33 (49.94)

Al analizar la función matemática que mejor explica el incremento en UGS y UAOB, se encontró que los modelos lineales permitieron un mejor ajuste que las funciones a la potencia o exponenciales. Los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para la primera variable fueron de 0,99, 0,94 y 0,90 para los modelos lineales, a la potencia y exponenciales respectivamente. Esto se muestra en la Figura 1, donde se observa que la respuesta de UGS es claramente lineal ( $P < 0,05$ ) después de los primeros 14 días.

Para UAOB, los valores de  $R^2$  obtenidos fueron de 0,91 para el modelo lineal, de 0,86 para los modelos a la potencia y de 0,90 para el exponencial. Aunque UAOB experimentó un incremento lineal en el período, su respuesta alcanzó un máximo a los 56 días, con poco cambio posterior (Figura 2).

Estas tendencias son concordantes con los resultados obtenidos por Delehant et al. (1997) quien usando mediciones seriadas de ultrasonografía cada 28 días encontró una respuesta lineal para UAOB y UGS en un período de alimentación de 174 días. En éste experimento se utilizaron también cruza británicas, pero a diferencia de las utilizadas en nuestro estudio, éstas tenían mayor altura del anca, mayor peso de la canal y menos grasa subcutánea.

Esta información demuestra que períodos de alimentación intensivos para engorde, en animales de sobreaño, permiten obtener un rápido crecimiento de los tejidos musculares y grasos. Esto es confirmado con el estudio de la evolución de las otras variables indicadoras del crecimiento muscular, como son UPC y UPBF y del tejido adiposo, como

es UP8. Las dos primeras mencionadas experimentaron una respuesta similar a la de UA0B, alcanzando una estabilización a los 56 días, mientras que UP8 presentó un crecimiento lineal ( $P < 0,01$ ) hasta el día 70.

Utilizando técnicas seriadas de faena, May et al. (1992) encontraron que la grasa subcutánea y el área del ojo del bife en la canal incrementaron linealmente ( $P < 0,01$ ) en un período de engorde de 196 días. Este autor reportó además una correlación de 0,94 entre grasa subcutánea en la canal y el número de días de alimentación.

Sin embargo al estudiar la evolución de UMAR, no se detectó respuesta alguna. Los  $R^2$  para los distintos modelos matemáticos fueron 0,056, 0,058 y 0,05 (lineal, exponencial y a la potencia, respectivamente). La Figura 3 muestra la respuesta de UMAR en el tiempo. El descenso en los primeros 14 días podría ser explicado por su utilización como energía frente a situaciones de estrés ya que estos animales pasaron de condiciones de pastoreo a condiciones de confinamiento (feedlot). La grasa intramuscular es la primera fuente de energía ha ser utilizada por el animal ante estas circunstancias. Otros estudios, como Delehant et al. (1997), utilizando también mediciones seriadas de ultrasonografía, muestran incrementos lineales en el depósito de grasa intramuscular con los días de alimentación. Esto concuerda con la mayoría de la literatura que sostiene que la nutrición, junto con otros factores como el genético principalmente, juegan un rol importantísimo en la determinación del porcentaje de grasa intramuscular en la canal (Houghton y Turlington, 1992, Hassen et al., 1999). Sin embargo éste trabajo, como el realizado por Brethour (2000) muestran que existiría una muy baja tasa de deposición en los primeros 100 días de alimentación cuando los animales entran al feedlot con niveles bajos de grasa intramuscular (2,5-3%).

Tomando como referencia el trabajo ya mencionado de May et al. (1992), donde se utilizaron procedimientos de faena seriada, la grasa intramuscular presentó una respuesta cuadrática ( $P < 0,05$ ) durante toda la prueba (196 días), siendo lineal en los primeros 112 días. Este autor explicó dicho comportamiento por el lado del potencial genético de los novillos cruza (Angus x Hereford) en depositar este tipo de grasa, el cual fue alcanzado a los 112 días. El exceso de alimentación tuvo un efecto negativo en el rendimiento carnicero de la canal (exceso de grasa subcutánea) sin mejorar significativamente la calidad. El coeficiente de correlación entre el porcentaje de grasa intramuscular y los días de alimentación fue de 0,80, en el estudio de referencia.



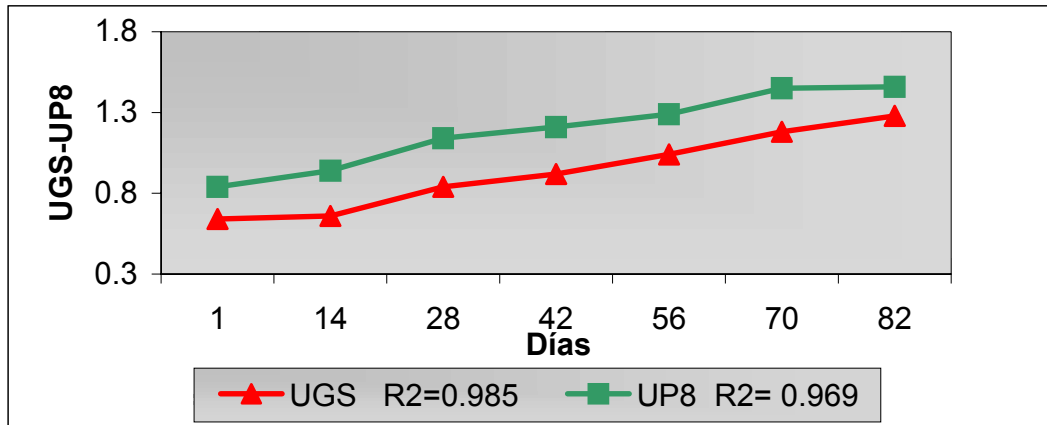


Figura 1.- Respuesta de UGS, UP8 a través de los días ( $R^2$  corresponde a respuesta lineal)

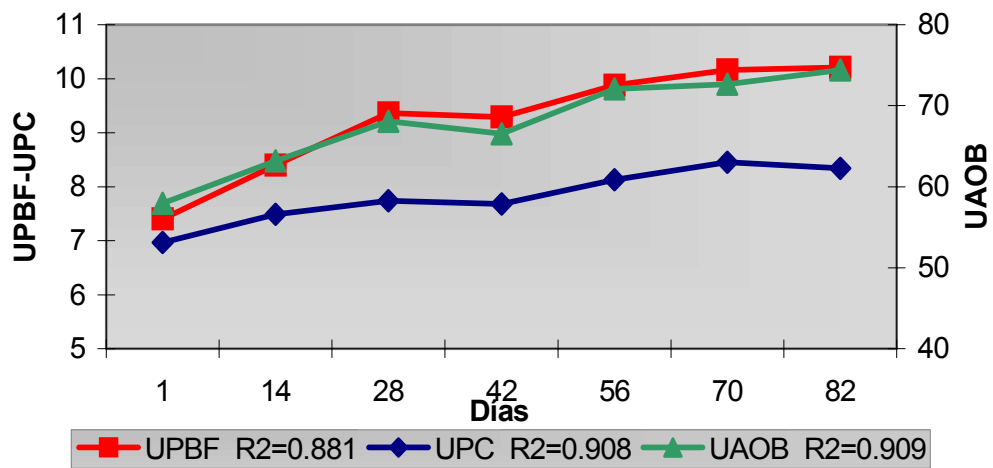


Figura 2.- Respuesta de UPBF, UPC y UAOB a través de los días ( $R^2$  corresponde a respuesta lineal)

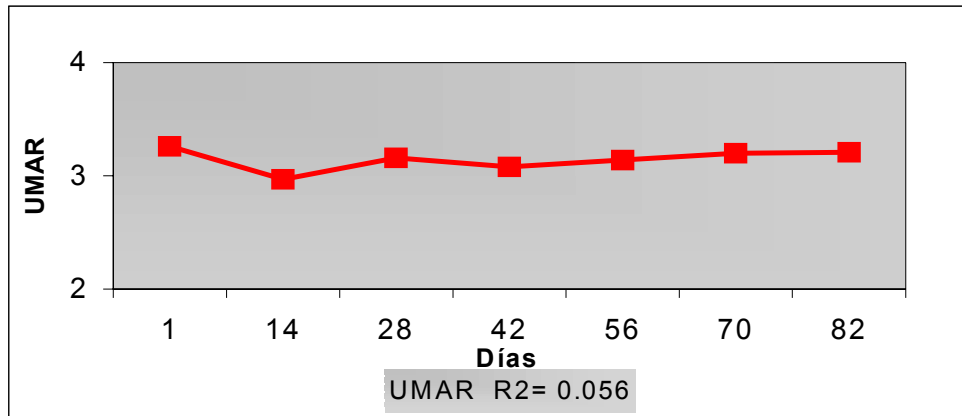


Figura 3.- Respuesta de UMR a través de los días ( $R^2$  corresponde a respuesta lineal)

### II.3.2. Análisis de la correlación entre mediciones en vivo por ultrasonografía y registros en la canal.

Los coeficientes de correlación obtenidos entre las mediciones seriadas por ultrasonografía en el animal vivo y las correspondientes en la canal son presentadas en el Cuadro 4. La correlación más significativa entre estas variables se registró en la medición más cercana a la faena. La correlación entre UGS y GS fue de 0,86, entre UAOB y AOB de 0,87 y entre UMR y MAR de 0,75, para las mediciones de ultrasonografía tomadas a los 82 días.

**Cuadro 4 .-** Coeficientes de correlación Pearson entre las mediciones Por ultrasonografía in vivo y las mediciones de la canal

	GS	AOB	MAR
UGS1	0.38*	0.02	0.31*
UGS2	0.73**	0.12	0.51**
UGS3	0.66**	0.04	0.50**
UGS4	0.70**	0.03	0.39*
UGS5	0.79**	0.09	0.43**
UGS6	0.79**	0.02	0.45**
UGS7	0.86**	0.01	0.36*
UAOB1	0.06	0.45**	0.12
UAOB2	0.19	0.60**	0.24
UAOB3	0.19	0.71**	0.23
UAOB4	0.16	0.72**	0.21
UAOB5	0.18	0.65**	0.32*
UAOB6	-0.03	0.35*	0.34*
UAOB7	0.14	0.87**	0.28
UMAR1	0.16	0.35*	0.38*
UMAR2	-0.10	-0.55**	0.21
UMAR3	-0.03	-0.28	0.27
UMAR4	0.23	-0.29	0.66**
UMAR5	0.22	0.16	0.73**
UMAR6	0.25	-0.06	0.65**
UMAR7	0.27	-0.25	0.75**
UP8 1	0.58**	0.16	0.59**
UP8 2	0.57**	0.22	0.59**
UP8 3	0.55**	0.18	0.60**
UP8 4	0.67**	0.08	0.40**
UP8 5	0.59**	0.09	0.45**
UP8 6	0.60**	0.22	0.46**
UP8 7	0.61**	-0.01	0.33**
UPBF1	0.33*	0.42**	0.10
UPBF2	0.07	0.51**	0.18
UPBF3	0.23	0.46**	0.17
UPBF4	0.32*	0.54**	0.21
UPBF5	0.37*	0.38*	0.39*
UPBF6	0.24	0.57**	0.11
UPBF7	0.32*	0.52**	0.33*
UPC1	0.39*	0.33*	0.31*
UPC2	0.24	0.39*	0.29
UPC3	0.16	0.39**	0.25
UPC4	0.11	0.26	0.07
UPC5	0.27	0.41**	0.28
UPC6	0.29	0.19	0.02
UPC7	0.28	0.48**	0.19

\* Variable significativa(P<.05)

\*\* Variable significativa(P<.01)

El uso de la correlación como medida de exactitud es a menudo criticada debido a su alta dependencia con la variación de la muestra, por lo que el uso de otros parámetros como la raíz del cuadrado medio del error (RCME) y el desvío estándar del error (DEE) fueron tenidos en cuenta como medidas adicionales. La primera es calculada como la diferencia en el cuadrado medio del error entre las mediciones en la canal y las tomadas en el animal vivo por ultrasonografía. El DEE es medido como las diferencias en el desvío estándar entre las mediciones por ultrasonografía a tiempo real y las correspondientes en la canal para un determinado técnico, mostrando la capacidad de éste para predecir las diferencias entre los animales correctamente.

Los valores de RCME y DEE fueron de 4,43 cm<sup>2</sup> y 4,01 cm<sup>2</sup> para AOB, respectivamente y de 0,17 cm para GS, en ambos parámetros. Estos valores de DEE comparados con los estándares establecidos por la certificación oficial de la BIF (Beef Improvement Federation) para los años 1993 y 1994, podrían ser considerados como altamente exactos.

El sesgo del técnico, el cual es el promedio de la desviación de las estimaciones del técnico responsable para las mediciones en la canal fue de 1,99 cm<sup>2</sup> para AOB y 0,025 para GS. Estas cifras están comprendidas dentro de los mínimos estándares para la obtención de la certificación en esos años.

Con esta información se puede concluir que las mediciones por ultrasonografía fueron tomadas con exactitud y fueron altamente predictivas de las respectivas características de la canal. Esto es concordante con otros estudios que demuestran que las mediciones por ultrasonografía tomadas previo a la faena (3 días previos) tienen un alto poder predictivo para estimar la composición de la canal (Herring et al., 1994, Williams et al., 1997).

Al estudiar la correlación que existió entre UGS y GS para las mediciones seriadas dentro del período de alimentación, ésta fue alta ( $r \geq 0,66$ ) después de la medida inicial. La baja correlación obtenida al comienzo del experimento se puede explicar parcialmente a la baja condición corporal de los novillos en ese momento y a la dificultad de medir con exactitud niveles bajos de grasa subcutánea. Delehant et al., (1997) reportaron correlaciones menores entre las estimaciones por ultrasonido y la grasa en la canal que las obtenidas en éste experimento. El rango para aquel estudio oscila entre 0,33 y 0,59 para el 1<sup>o</sup>. y 84<sup>o</sup> día respectivamente. Esta diferencia podría estar dada por las diferencias en el espesor de grasa subcutánea inicial entre ambos estudios (0,28 cm para el estudio de Delehant et al., 1997 y 0,64 cm para nuestro experimento). La medición inicial es tomada en el momento que el ganado normalmente no tiene mucha grasa y por lo tanto no es fácil medir precisamente espesor de grasa subcutánea por ultrasonido y clasificar los animales en grupos de similar composición. La amplia variación en espesor de grasa subcutánea puede provenir de diferencias genéticas en la capacidad para depositarla, de diferencias en la condición corporal o de variaciones en el manejo pre y post destete.

El rango de correlaciones entre UA OB y AOB, para las mediciones en todo el período estuvo entre 0,35 y 0,87. Sin embargo, al igual que con UGS, altas correlaciones fueron obtenidas desde el inicio del feedlot. Correlaciones mayores a 0,70 se registraron tanto a

los 28 como a los 42 días de alimentación. Esto demuestra que tanto UAOB como UGS podrían ser utilizadas como variables para clasificar animales en grupos de similar rendimiento carnicero. Delehant et al. (1997) encontró correlaciones de 0,60, 0,62 y 0,61 entre UAOB y AOB para las mediciones al inicio, 28 y 56 días respectivamente.

Es importante mencionar en este punto, que se encontró cierta correlación entre UAOB y MAR en las mediciones a los 56 y 70 días. Esto también fue mencionado en el estudio con faenas seriadas (May et al., 1992), lo que puede ser explicado por un aumento simultáneo de tejido muscular y adiposo en novillos de rápido crecimiento.

Las correlaciones entre UMAR al inicio y MAR fue de  $r=0,38$ . Delehant et al. (1997) obtuvo similar coeficiente al relacionar estas dos variables ( $r=0,40$ ). Harada et al. (1985) citado por Houghton y Turlington (1992) mencionaron que el marmoreo es un componente corporal móvil afectado por factores ambientales y por lo tanto es muy difícil de predecir al inicio del engorde. Las correlaciones entre UMAR y MAR mejoraron en el tiempo, siendo significativas ( $P \leq 0,05$ ) a partir del día 42 hasta el final del ensayo. Considerando el estudio de Delehant et al. (1997) y comparándolo con el nuestro, las correlaciones en el primero, fueron más bajas (rango de  $r=0,40$  a  $0,23$  desde el 1° al 84° día, respectivamente).

La medición adicional de ultrasonografía para grasa subcutánea (UP8), presentó alta correlación con GS ( $r=0,67$  al 42° día), mientras que UPC y UPBF, predictores de muscularidad tuvieron correlación significativa con AOB y PCC.

El peso vivo, tal como era de esperar, estuvo altamente correlacionado con el PCC ( $r=0,74-0,96$ ) y moderadamente con AOB ( $r=0,43-0,53$ ). La altura del anca estuvo altamente correlacionada con PCC ( $r=0,54-0,66$ ). Esto permite pensar en el uso de variables como PV, AA, UGS y/o UAOB con el objetivo de clasificar los animales al inicio del período de engorde, regulando los días de alimentación necesarios para alcanzar el punto final establecido.

### **II.3.3. Análisis de Regresión**

Los análisis de regresión se realizaron para tener una mejor comprensión de las relaciones entre las mediciones en vivo con ultrasonido y las características de la canal. Además tuvo la finalidad de evaluar la capacidad para predecir la composición de la canal con la información seriada recogida por ultrasonografía y de determinar cual fue el momento óptimo para su obtención.

Los modelos presentados a continuación incluyen las principales cuatro variables del modelo, siendo la variable independiente significativa al 10%. Por cada variable dependiente (GS, AOB y MAR) se elaboraron dos tablas del análisis de regresión. La primera tabla muestra las ecuaciones desarrolladas utilizando las mediciones por ultrasonografía, peso vivo y altura del anca en cada sesión como variables independientes, mientras que la segunda usa toda la información del período, donde se incluye o excluye la medición del último día. Dicha presentación ayuda a identificar el

mejor momento para la toma de datos y a su vez determina si el uso de mediciones múltiples mejora la predicción de las variables dependientes.

Las ecuaciones de regresión de mejor ajuste para GS son presentadas en el Cuadro 5. El mejor modelo se obtuvo con las mediciones tomadas a los 82 días ( $R^2=0,77$ ), siendo UGS la variable responsable en explicar el 73% de la variación en la GS. El resto de los modelos presenta un comportamiento similar, con la excepción del correspondiente al día 1, donde UP8 fue la variable más importante.

En el Cuadro 6 se muestran los modelos para predecir GS considerando las múltiples mediciones. Los modelos que consideran todo el período (1 a 82 días) y desde el 1<sup>er</sup> día hasta el 70<sup>o</sup> tuvieron ambos un alto coeficiente de determinación ( $R^2=0,86$ ) y la variable UGS medida en 14<sup>o</sup> día explicó el 70% y 69% de la mencionada variación, respectivamente.

Las correlaciones entre las UGS a los 14, 28, 42, 56 y 70 días fueron altas, en el rango de 0,80 a 0,89 (datos no presentados).

**Cuadro 5.-** Ecuaciones de regresion para predecir espesor de grasa subcutanea en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales						R <sup>2</sup>
	Intercep.	UGS	UPBF	UP8	UAOB	PV	
<b>GS</b>							
<b>1 día</b>							
1	0.19			0.93**			0.39
2	0.18	0.48		0.56			0.43
<b>14 días</b>							
1	0.19	1.19**					0.58
<b>28 días</b>							
1	0.15	1.05**					0.49
2	-0.26	1.01**	0.12				0.53
<b>42 días</b>							
1	0.12	1.03**					0.51
2	-0.27	0.99**	0.11				0.56
3	-0.28	0.63*	0.09	0.39			0.59
4	-0.20	0.74**	0.14*	0.36	-0.03		0.62
<b>56 días</b>							
1	0.11	0.95**					0.59
2	0.04	0.77**		0.28			0.62
<b>70 días</b>							
1	0.14	0.77**					0.54
2	-0.16	0.76**				0.00*	0.60
<b>82 días</b>							
1	0.01	0.96**					0.73
2	-0.33	0.93**	0.09*				0.76
3	-0.30	0.94**	0.13*		-0.02		0.77

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)

**Cuadro 6.-** Ecuaciones de regresión para predecir espesor de grasa subcutánea en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo desde 1 a 70 y 1 a 82 días

Variable Depen.	Coeficientes de regresión parciales					R <sup>2</sup>
	Intercep.	UGS2	UGS5	UGS4	PV1	
<b>GS</b>						
<b>1 a 82 días</b>						
1	0.16	1.30**				0.70
2	0.28	1.52**			-0.00	0.74
3	0.22	1.11**	0.40		-0.00	0.78
4	0.28	1.68**	0.81**	-0.97**	-0.00*	0.86
<b>1 a 70 días</b>						
1	0.16	1.30**				0.69
2	0.09	0.85**	0.45*			0.74
3	0.13	1.31**	0.84**	-0.88		0.81
4	0.26	1.57**	0.86**	-0.93**	-0.00	0.86

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)

Al ser la grasa subcutánea, uno de los componentes de mayor influencia en la ecuación de rendimiento para el sistema de tipificación de USA, parecería ser relevante predecir esta variable al clasificar los novillos en el feedlot como previo al momento de embarque. Esta variable combinada con PV, AA y AOB, permitiría diferenciar grupos por rendimiento carnicero.

En la predicción del AOB (Cuadro 7) el mejor modelo utilizando una sesión de ultrasonido por vez, fue la correspondiente al día 82, con un R<sup>2</sup> de 0,83. La variable que explicó el 78% de la variación en AOB fue UA OB. En los otros modelos, UA OB contribuyó con R<sup>2</sup> parcial de 0,5 aproximadamente. (Se entiende por R<sup>2</sup> parcial como la contribución de la variable dependiente en estudio en explicar la variación total de la variable independiente en el respectivo modelo) Al utilizar múltiple mediciones (Cuadro 8), el mejor modelo fue el que abarcaba todo el período, siendo UA OB en el día 82 la responsable del 75% de la variación del área del ojo del bife en la canal. Trenkle e Iiams (1997) expresaron que aunque el espesor de grasa subcutánea inicial es de mayor valor que el AOB para la clasificación de los animales en grupos homogéneos, el uso de ambas variables podría aumentar la efectividad en predecir categorías dentro de rendimiento carnicero.

**Cuadro 7.-** Ecuaciones de regresión para predecir área del ojo del bife en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales						R <sup>2</sup>
	Intercep.	UAOB	UGS	UPBF	UMAR	UPC	
<b>AOB</b>							
<b>1 día</b>							
1	26.81	5.58**					0.57
2	38.86	5.26**			-2.84		0.61
3	25.51	4.60**		6.88	-3.03		0.66
<b>14 días</b>							
1	28.84	4.83**					0.44
2	53.28	3.92**			-5.16**		0.55
<b>28 días</b>							
1	30.60	4.35**					0.50
2	33.54	4.58**	-16.00				0.53
<b>42 días</b>							
1	22.57	5.24**					0.47
2	24.55	5.88**	-22.53*				0.53
3	8.39	4.96**	-21.98*	6.93			0.57
<b>56 días</b>							
1	13.26	5.65**					0.49
<b>82 días</b>							
1	2.90	6.39**					0.78
2	12.22	6.29**			-2.52*		0.82
3	4.77	5.91**			-2.48**	3.54	0.83

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)

**Cuadro 8.-** Ecuaciones de regresión para predecir área del ojo del bife en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo desde 1 a 70 y 1 a 82 días

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales							R <sup>2</sup>
	Intercep.	UAOB1	UPBF6	UAOB4	UAOB7	UAOB6	UPC3	
<b>AOB</b>								
<b>1 a 82 días</b>								
1	1.83				6.46**			0.75
2	8.11				8.43**	-2.51*		0.80
3	-5.32		7.79*		7.29**	-2.92**		0.86
4	-22.47		7.40*		7.44**	-3.55**	8.08*	0.89
<b>1 a 70 días</b>								
1	28.98	5.36**						0.50
2	1.85	3.48**	10.93*					0.62
3	-4.91	2.00	9.81*	2.37				0.67

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)



---

En este experimento UAOB al final del período estuvo altamente correlacionado con UAOB a los 14, 28, 42 y 56 días ( $r=0,77, 0,79, 0,85, \text{ y } 0,76$ , respectivamente).

El mejor modelo (Cuadro 9) para la predicción de MAR, usando sesiones individuales, fue el correspondiente al día 82 ( $R^2=0,70$ ). La variable UMAR explicó el 56% de la variación tanto en MAR como en grado de calidad. En dicho modelo UAOB entró como segunda variable en importancia, lo que se justificaría por la positiva correlación ( $r=0,28$ ) entre ambas (UAOB y MAR). Al modelo mencionado le siguió en importancia, según el coeficiente de determinación, el modelo correspondiente al día 56.

En el Cuadro 10, se presentan las ecuaciones para predecir MAR utilizando todas las sesiones de ultrasonografía (desde el 1<sup>er</sup> día hasta el 70<sup>o</sup> y el 82<sup>o</sup> día).

De acuerdo a lo esperado, UMAR en el día 82 explicó mayormente la variación de MAR en la canal (64%). Sin embargo, cuando ese día no fue incluido en el análisis, UMAR al día 42 fue la variable más importante, responsable del 61% de dicha variación.

Las dificultades en la predicción de MAR con mediciones tempranas de ultrasonografía es concordante con otros estudios (Trenkle e Iiams, 1997), donde esta predicción fue más dependiente del número de días de alimentación y de las diferencias genéticas entre animales (líneas de padres). La información genética podría ser de suma relevancia para determinar el grado de calidad que alcanzarían los animales en engorde.

No obstante y acorde con nuestros resultados, la predicción del nivel de marmoreo en la canal de esos animales podría ser posible con mediciones de ultrasonografía a partir del día 42.

**Cuadro 9.-** Ecuaciones de regresión para predecir marmoreo en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca peso vivo

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales						R <sup>2</sup>
	Intercep.	UMAR	UP8	AA	PV	UAOB	
<b>MAR</b>							
<b>1 día</b>							
1	497.58		253.83**				0.37
2	448.53	17.17*	234.34**				0.46
<b>14 días</b>							
1	509.64		200.08**				0.29
2	464.08	14.70	204.24**				0.35
<b>28 días</b>							
1	482.70		221.56**				0.35
2	429.94	16.64*	222.04**				0.44
<b>42 días</b>							
1	476.49	34.53**					0.43
2	359.61	39.84**			0.10*		0.50
3	367.70	36.51**	54.70		0.07		0.53
<b>56 días</b>							
1	462.09	40.70**					0.52
2	435.27	36.49**	76.69				0.57
3	199.66	39.47**	84.37*	4.40			0.61
<b>70 días</b>							
1	499.42	26.74**					0.45
2	442.24	21.69**	129.27**				0.59
<b>82 días</b>							
1	452.27	40.91**					0.56
2	341.77	42.17**				9.22**	0.65
3	318.63	39.60**	69.82*			8.46**	0.70

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)

**Cuadro 10.-** Ecuaciones de regresión para redecir marmoreo en la canal utilizando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo desde 1 a 70 y 1 a 82 días

Variable Depend.	Coeficiente de regresión parciales							R <sup>2</sup>
	Intercep.	UMAR4	UAOB5	UPC2	UMAR5	UMAR7	UAOB7	
<b>QG</b>								
<b>1 a 82 días</b>								
1	455.53					39.702**		0.64
2	328.68					42.502**	10.136**	0.75
3	299.53	24.883**				22.283*	11.643**	0.83
<b>1 a 70 días</b>								
1	465.33	38.531**						0.61
2	326.49	41.051**	11.655**					0.76
3	251.62	43.802**	7.006	39.377				0.79
4	276.15	35.045**	4.073	37.265	13.442			0.82

\*\* Variable significativa (P<.01)

\* Variable significativa (P<.05)

## II.4. Implicancias

Basado en los resultados obtenidos en éste estudio, se demostró que el uso de esta tecnología (mediciones seriadas de ultrasonografía en tiempo real) fue útil para estimar características de la canal tales como grasa subcutánea, área del ojo del bife y nivel de marmoreo. Estas mediciones realizadas en el animal vivo previo a la faena mostraron los valores más altos en los coeficientes de correlación y determinación permitiendo predecir con exactitud las respectivas características de la canal.

Nuestra información indica que la grasa subcutánea en la canal podría predecirse desde el día 14 del período del feedlot considerado para esta experiencia, ( $R^2 = 0,58$ ) utilizando la variable UGS con alta exactitud ( $r = 0,73$ ). El uso de UGS podría ser aplicado desde etapas tempranas del feedlot debido a la alta correlación entre las variables en estudio.

La mejor estimación del área del ojo del bife se obtuvo en el modelo correspondiente al día 1, cuando el último modelo no fue considerado. La exactitud de esta predicción incrementó con los días, con excepción del día 56.

El porcentaje de grasa intramuscular mostró una tasa de aumento lenta durante el período, siendo posible predecirla con mediciones de ultrasonografía a partir del día 42.

Esta utilización de las mediciones seriadas de ultrasonografía en tiempo real como herramienta para predecir características de la canal durante el período de alimentación y clasificar animales en grupos permitiría un mejor manejo nutricional de los individuos, una mejor estimación del momento de embarque y un incremento en la consistencia en el producto final.

## III. PREDICCIÓN DE PUNTOS FINALES DE RENDIMIENTO Y CALIDAD DE LAS CANALES EN NOVILLOS DE FEEDLOT UTILIZANDO MEDICIONES SERIADAS DE ULTRASONOGRAFÍA

### III.1. Introducción

En los sistemas de alimentación a corral existe una considerable variación en la composición corporal entre animales de un mismo corral. La Auditorías sobre Calidad de Carne realizada en 1991 en USA reveló inconsistencias en calidad, exceso de grasa y pobre palatabilidad. Si el ganado dentro de un mismo corral fuera más uniforme, los mismos podrían ser alimentados acorde a sus requerimientos y no en condiciones promedio donde se genera una sobre o sub alimentación de una parte de ese ganado.

La más reciente Auditoría publicada sobre Calidad de Carne en aquel país (NBQA, 1995) corroboró lo anterior, reportando que una sustancial proporción del ganado no es alimentado de acuerdo a las especificaciones, siendo un 25% de los mismos sobrealimentados y otro 25% embarcado en forma anticipada.

Por otra parte, la industria cárnica está moviéndose hacia un mercado dirigido por las preferencias del consumidor. Esto genera la alternativa de un sistema de mercado en que se premia los méritos individuales del animal. La ventaja de estos sistemas de comercialización radica en que los productores pueden conocer de antemano las condiciones de los primeros y por lo tanto planificar la producción según dichas condicionantes.

Para obtener óptimos retornos económicos de estos sistemas, se necesitan técnicas que permitan predecir con la mayor exactitud posible la composición final de los animales o clasificar los novillos al inicio o durante el período de engorde. Esto permitiría una mejor alimentación según los requerimientos del grupo y una identificación temprana para ajustarse a las condiciones del mercado elegido.

El uso de esta clase de tecnología puede constituirse en una herramienta válida para clasificar los animales en grupos de similar composición. El potencial de esta práctica basada principalmente en mediciones de espesor de grasa subcutánea y su combinación con otras variables como peso vivo, altura al anca y grado de marmoreo ha sido ampliamente demostrado por varios autores (Trenkle, 1998, Brethour, 2000).

El objetivo de este estudio fue determinar la eficacia de clasificar animales de sobreaño en grupos de similar composición utilizando mediciones seriadas de ultrasonografía en tiempo real con la finalidad de mejorar la performance de los novillos en el período de engorde y la uniformidad de sus canales.

### III.3. Materiales y Métodos

En este experimento fueron utilizados 43 novillos Hereford y cruce Hereford, de parentesco conocido, con 15 meses de edad. Estos novillos estuvieron en campo natural mejorado por un período aproximado de 10 meses, posteriores a su destete y previo al período de engorde. En junio de 1997 fueron enviados a las facilidades de feedlot que dispone la Universidad de Georgia en su Unidad Experimental "Whitehall" (Athens, Georgia) para vacunos. El período de engorde fue de 84 días y el alimento suministrado en ese período consistió de 78% de grano de maíz y 15% de semilla de algodón. Los novillos fueron asignados al azar en dos corrales (22 y 21 novillos en cada uno) techados y con libre acceso al agua. El ganado fue pesado individualmente en las primeras horas del día antes de su alimentación, al comenzar el estudio, cada 14 días y previo a su embarque. Junto con los registros de peso vivo (PV) se midió altura del anca (AA) y se tomaron imágenes por ultrasonografía de área del ojo del bife (UAOB), espesor de grasa subcutánea (UGS) y porcentaje de grasa intramuscular (UMAR). Un técnico certificado por la Beef Improvement Federation (BIF) fue el responsable de los registros por ultrasonido. La última medición ultrasonográfica fue realizada 2 a 3 días antes de la faena, usando dos días diferentes para cada corral. El equipo de ultrasonografía era marca Aloka 500V con diagnóstico de tiempo real (Corometrics Medical Systems, Wallingford, CT) contando con un transductor de 172 mm de largo y 3,5 MHz. Con la finalidad de optimizar la calidad de la imagen, el sitio a medir en el animal fue afeitado, cepillado (para eliminar suciedades) y aceitado con aceite de origen vegetal, usándose

una guía de material blando para facilitar el contacto entre el traductor y las superficies curvas del animal.

El sitio para la toma de imágenes de UAOb, UGS y UMAR, fue determinado por palpación entre la 12-13<sup>a</sup> costilla en el lado derecho del animal. El traductor fue ubicado en dicho espacio intercostal, siguiendo el contorno de las costillas, para el registro de las dos primeras variables. La imagen para UMAR fue realizada paralelo a la espina dorsal, considerando la sección longitudinal del músculo *longissimus dorsi* desde la 11<sup>a</sup> a la 13<sup>a</sup> costilla.

Las imágenes fueron almacenadas en un ordenador para su posterior interpretación por parte del mismo técnico. La medición lineal de UGS fue realizada a  $\frac{3}{4}$  de distancia desde la vértebra a nivel del *longissimus dorsi*. La medición correspondiente a UAOb incluyó sólo al mencionado músculo.

Al finalizar el período de engorde, los novillos fueron enviados a un frigorífico comercial, depositados en los corral de espera por una noche y faenados al otro día con técnicas que tienen en cuenta el bienestar animal. Las canales fueron pesadas inmediatamente después de la faena, enfriadas a 4 °C por 48 hs y tipificadas por personal entrenado de USDA según peso de la canal caliente, espesor de grasa subcutánea en la 12<sup>a</sup> costilla, área del ojo del bife, porcentaje de grasa de riñonada, pélvica y del corazón, madurez, grado de marmoreo, color, textura y firmeza. Para el cálculo del área del ojo del bife, se trazó la misma en acetato y se midió posteriormente con un planímetro Sigma Scan™ (Jandel Scientific, Corte Madera, Ca).

El corte correspondiente a la 12-13<sup>a</sup> costilla fue envasado al vacío y enviado fresco al Laboratorio de Carne de la Universidad de Georgia. Un bife de 1,27 cm de espesor fue removido de cada sección, recortando grasa subcutánea, tejido conectivo y músculos periféricos, de forma de aislar el músculo *longissimus dorsi*. El bife resultante fue envasado al vacío y congelado para posterior análisis químico. El contenido en lípidos fue utilizado para determinar el porcentaje de grasa intramuscular, ya que el software para el equipo ultrasonográfico fue desarrollado para predecir grasa intramuscular y no grado de marmoreo. Se analizó en forma triplicada considerándose como aceptable un error del 5% entre las repeticiones.

Para los análisis químicos, las muestras fueron previamente descongeladas, picadas y homogeneizadas en un procesador de alimentos (Robot Coupe).

### III.3.1. Extracción de lípidos

El contenido de lípidos en los bifes fue determinado utilizando el método de extracción con cloroformo y metanol (una modificación de los procedimientos de Folch et al., 1957). Después de haber descongelado las muestras, se pesaron 2,5 gr. de carne picada para cada uno de los tres tubos cónicos de 50 ml, en los cuales se realizó la centrifugación. Los tejidos fueron homogeneizados en una solución de cloroformo y metanol (en relación 1:2) con el uso de un homogeneizador (PRO 250, PRO Scientific Inc, Monroe, CT). Las muestras homogeneizadas se mantuvieron a temperatura ambiental por 1 hora para

permitir la extracción de lípidos. Posteriormente 5 ml de cloroformo y 5 ml de KCl se agregaron a cada tubo. Los tubos fueron agitados y centrifugados por un tiempo de 10 min a 0 °C y a 829 g.

El resultado de éste proceso es un sistema bifásico, donde la fase superior contiene sustancias no lipídicas mientras que la inferior posee esencialmente todos los lípidos. La parte superior fue aspirada cuidadosamente, evitando romper el pellet formado. Éste es vertido en una bandeja de papel de aluminio previamente pesada, las cuales habían sido secadas en un horno a 90 °C por un período de 12 hs. Para facilitar la evaporación del cloroformo y del metanol, las bandejas son depositadas en una campana por una noche y secadas posteriormente en un horno a 90 °C por 15 minutos y en un desecador por 5 min.

El cálculo del porcentaje lipídico fue determinado usando la ecuación:  
(Peso de la bandeja seca con lípidos – Peso de la bandeja seca)/ Peso de la muestra \*100

### **III.3.2. Análisis estadístico**

Se estimaron las correlaciones entre las mediciones seriadas de ultrasonografía en el animal vivo y sus respectivas características en la canal. Además se desarrollaron ecuaciones de regresión para predecir las características de la canal utilizando el procedimiento Stepwise, considerando las mediciones en el animal vivo como variables independientes. Las ecuaciones de regresión para las mediciones individuales fueron calculadas usando las variables independientes medidas durante todo el período de alimentación, en las primeras seis sesiones de ultrasonografía y en cada sesión individual.

Estas variables independientes debían ser significativas ( $P < 0.10$ ) para permanecer en el modelo de regresión.

El principal interés de este estudio fue determinar si la tecnología de la ultrasonografía era capaz de predecir si un animal fuese tipificado dentro de una categoría de rendimiento y una de calidad, o no. Esto se evaluó mediante el uso de tablas de contingencia de 2x2 donde un umbral arbitrario de rendimiento y de nivel de marmoreo fue seleccionado para la toma de decisión. Dicho umbral en primera instancia se fijó en rendimiento  $< 4$  y calidad  $< \text{Choice}$ , aunque otras combinaciones fueron estudiadas buscando cual de ellas presentaba la mayor exactitud.

Estas tablas de contingencia fueron comparadas con un análisis de  $\chi^2$  y el estimador de la exactitud estuvo basado en la fracción verdadera positiva (FVP) - o lo que es decir los animales correctamente estimados acorde con la categoría seleccionada – más la fracción verdadera negativa (FVN) – correspondiente a los animales estimados correctamente pero en categorías menores a la seleccionada. La primera está representada por los casos reales positivos, mientras que la segunda por los casos reales negativos. Ambas son expresadas como porcentaje. A través de estas fracciones se calcularon dos parámetros de exactitud, sensibilidad y especificidad.

### III.4. Resultados y Discusión

En el Cuadro 1 se presentan las abreviaciones asignadas a cada una de las variables.

**Cuadro 1.-** Descripción de las siglas

Siglas	Definición
PCC	Peso canal caliente (kg)
MAR	Grado de marmoreo en la canal (300-399=Slightly; 400-499=Small)
GS	Espesor de grasa subcutánea (longissimus dorsi) en la canal (cm)
AOB	Area del ojo del bife en la canal (cm <sup>2</sup> )
YG	Grado de Rendimiento (1 a 5)
QG	Grado de Calidad (500-599=Select; 600-699=Choice)
LC	Porcentaje de lípidos en área del ojo del bife (%)
UAOB	Area del ojo del bife por ultrasonido (cm <sup>2</sup> )
UGS	Espesor de grasa subcutánea (longissimus dorsi) por ultrasonido (cm)
UMAR	Grado de marmoreo por ultrasonido (%)
UP8	Espesor de grasa subcutánea (gluteus medius) por ultrasonido (cm)
UPBF	Profundidad del biceps femoris por ultrasonido (cm)
UPC	Profundidad del gluteus medius por ultrasonido (cm)
PV	Peso vivo (kg)
AA	Altura del anca (cm)
Sesiones ultrasonido	1=1 día; 2=14 día; 3=28 día; 4=42 día; 5=56 día; 6=70 día; 7=82 día

Nota: Grado de Rendimiento (Yield Grade) identifica el rendimiento de cortes sin hueso, desgrasado provenientes de la nalga, el lomo, el costillar y la paleta. Se expresa en una escala de 1 a 5, donde 1 equivale a un rendimiento de 55% del peso de la canal y 5 a un rendimiento de 43% del peso de la canal. El Grado de Calidad es basado en la evaluación de los niveles de marmoreo y madurez. Un animal menor a 30 meses de edad y con niveles de 5% de grasa intramuscular pertenece a la categoría de Choice.

#### III.4.1. Mediciones en vivo por ultrasonografía y en la canal

El Cuadro 2 muestra las medias, los desvíos estandar, los mínimos y los máximos para características de la canal y composición química de los novillos. El valor promedio obtenido para rendimiento (YG) fue de 3,21 y para calidad (QG) fue de Select+. Al comparar esta información con la Auditoría sobre Calidad de Carne (NBQA, 1995), se puede concluir que el tipo de canal de nuestros animales presentó un YG mayor que el promedio de la Encuesta (2,82) dado que poseían un mayor espesor de grasa subcutánea (1,27 vs 1,19 cm).

Los otros componentes importantes en la ecuación para calcular YG son PCC y AOB. El PCC de nuestro experimento fue de 311,6 kg, 27,6 kg menos que el reportado en la mencionada encuesta. Los valores de AOB expresados en base a 100 kg de peso de la canal fueron semejantes (24,4 vs 24,3 para éste ensayo y la NBQA, respectivamente). Esto implicaría que los novillos de nuestro estudio fueron similares en musculatura a los promedios reportados por la encuesta, pero a la vez fueron considerablemente más

livianos en peso y con mayor grado de terminación que la población de canales muestreada en el año 1995. Es pertinente mencionar las diferencias en tipo racial en esta comparación. Los novillos de nuestro ensayo provenían de razas británicas (Hereford y cruza Hereford x Angus) mientras que los evaluados en la encuesta correspondían a un amplio espectro racial (cruzas británicas, continentales y cebuinas, principalmente).

En el tema de tipificación por calidad (QG), ambos estudios fueron similares (Select +). La similitud en QG era esperada ya que no existieron diferencias en nivel de marmoreo y estado madurez.

**Cuadro 2.-** Medias, Desvíos estandar, Mínimos y Máximos para características de la canal

Variable	Media	Des. Es.	Mínimos	Máximos
PCC	311.60	32.20	254.70	378.60
MAR	391.69	48.88	305.00	517.50
GS	1.27	0.33	0.83	2.00
AOB	76.38	8.12	54.93	93.50
YG	3.21	0.55	2.27	4.52
QG	582.00	35.15	505.00	640.00

### III.4.2. Análisis de las correlaciones

Los coeficientes de correlación entre mediciones ultrasonográficas y datos de la canal son presentadas en el Cuadro 3. La relación más fuerte entre estas variables ocurrió cuando los registros por ultrasonografía se tomaron próximo a la faena. Estos valores fueron de 0,86 para espesor de grasa subcutánea, 0,87 para área del ojo del bife y 0,75 para nivel de marmoreo (información no presentada).

Como se dijera anteriormente el uso de la correlación como medida de exactitud es a menudo muy criticada por la dependencia que existe con la varianza de la muestra, por dicha razón dos medidas adicionales (raíz del cuadrado medio del error –RCME- y desvío estándar del error – DEE-) fueron incluidas para evaluar la exactitud de los registros. Según estos parámetros, se pudo concluir que la información ultrasonográfica fue tomada correctamente y es predictiva de sus respectivas características de la canal, coincidiendo con las conclusiones del trabajo anterior.

La baja correlación obtenida al comienzo del experimento entre UGS y GS y YG puede ser parcialmente explicado por la baja condición corporal de los novillos en ese instante y la dificultad en medir con exactitud los bajos niveles de espesor de grasa. Las altas correlaciones entre UGS a los 14, 42, 56 y 70 días con YG sugerirían que dicha toma de datos ofrece un potencial para clasificar animales en grupos de similar composición. Delehant et al. (1997) reportó correlaciones inferiores (rango  $r = 0,33-0,59$ ) a las obtenidas en este ensayo entre las estimaciones por ultrasonografía y las características de la canal. Sin embargo las correlaciones encontradas por estos autores entre YG y QG con la medición inicial de UGS ( $r=0,20$  y  $0,22$  respectivamente) fueron similares en magnitud a las nuestras (Cuadro 3).



El rango de correlaciones entre UAOB y AOB a lo largo del período de engorde fue entre 0,35 y 0,87. Correlaciones mayores a 0,70 fueron obtenidas desde los 28 días con excepción de la registrada en el día 56.

Al considerar YG, las correlaciones negativas de esta variable con UAOB eran esperables acorde a la ecuación desarrollada para calcular YG.

La correlación significativa ( $P < 0,05$ ) entre UAOB y QG a los 56 y 70 días podría ser explicado por un aumento simultáneo de los tejidos musculares y grasos en animales en rápido crecimiento.

Cuando se analiza UMAR, la misma correlaciona altamente con QG. QG esta compuesta por nivel de marmoreo y madurez, al ser los animales homogéneos en su edad fisiológica, es de esperar la estrecha relación entre las dos anteriores variables. La correlación mejoró con los días de alimentación, siendo significativas a partir del día 42. Esto sugeriría que es posible predecir QG y clasificar los animales sobre la base del criterio de calidad a partir de esa fecha, para las condiciones de nuestro ensayo.

De las medidas ultrasonográficas adicionales, UP8 (espesor de grasa subcutánea a nivel del cuadril) mostró alta correlación con YG y QG, lo que llevaría a pensar en su consideración para predecir características de la canal. Esto concuerda con la información obtenida por Williams et al. (1997).

**Cuadro 3.-** Coeficientes de correlación Pearson entre las mediciones por ultrasonido en las distintas sesiones y las características de la canal

	YG	QG
UGS1	0.23	0.23
UGS2	0.59**	0.51**
UGS3	0.49**	0.53**
UGS4	0.60**	0.39*
UGS5	0.58**	0.46**
UGS6	0.55**	0.48**
UGS7	0.62**	0.40**
UAOB1	-0.23	0.07
UAOB2	-0.10	0.28
UAOB3	-0.10	0.23
UAOB4	-0.14	0.20
UAOB5	-0.12	0.36*
UAOB6	-0.13	0.36*
UAOB7	-0.27	0.28
UMAR1	0.37*	0.38*
UMAR2	0.22	0.23
UMAR3	0.09	0.29
UMAR4	0.23	0.64**
UMAR5	-0.01	0.72**
UMAR6	0.17	0.68**
UMAR7	0.31	0.75**
UP81	0.45**	0.59**
UP82	0.47**	0.60**
UP83	0.43**	0.59**
UP84	0.56**	0.45**
UP85	0.48**	0.50**
UP86	0.35*	0.53**
UP87	0.58**	0.42**
UPBF1	0.19	0.13
UPBF2	-0.07	0.17
UPBF3	0.01	0.20
UPBF4	0.01	0.18
UPBF5	0.31*	0.38*
UPBF6	0.11	0.18
UPBF7	0.21	0.35*
UPC1	0.34*	0.30
UPC2	0.21	0.34*
UPC3	0.05	0.19
UPC4	0.13	0.04
UPC5	0.12	0.28
UPC6	0.33*	0.02
UPC7	0.16	0.16

\*Variable significativa (P<0.05)

\*\*Variable significativa (P<0.01)

### III.4.3. Análisis de Regresión

Los análisis de regresión se realizaron para tener una mejor comprensión de las relaciones entre las mediciones en vivo con ultrasonido y las características de la canal. Además este análisis tuvo la finalidad de evaluar la capacidad para predecir la composición de la canal con la información seriada recogida por ultrasonografía y de determinar cual fue el momento óptimo para su obtención.

Los modelos presentados a continuación incluyen las principales cuatro variables del modelo. Por cada variable dependiente (YG y QG) se elaboraron dos tablas según el análisis de regresión. La primera tabla muestra las ecuaciones desarrolladas utilizando las mediciones por ultrasonografía, peso vivo y altura del anca en cada sesión como variables independientes, mientras que la segunda usa toda la información del período, donde se incluye o excluye la medición del último día (día 82). Dicha presentación ayuda a identificar el mejor momento para la toma de datos y a su vez determina si el uso de múltiples mediciones mejora la predicción de las variables dependientes.

El Cuadro 4 muestra las ecuaciones de regresión por el procedimiento Stepwise para predecir YG utilizando las mediciones de cada sesión de ultrasonido por separado, la altura del anca y el peso vivo, también registrados en el mismo momento. El último modelo, correspondiente al día 82, presentó el coeficiente de determinación más alto comparado con el resto ( $R^2=0,80$ ). Como era esperable y de acuerdo a los análisis de correlación, estas mediciones de ultrasonido fueron las mejores predictoras de las características de la canal. Dentro de éste modelo, UGS explicó la mayor variación (38%) en YG ( $P<0,01$ ), mientras que UA OB y PV explicaron el 21% y 18%, respectivamente.

A este modelo le siguió en poder predictivo el correspondiente al día 42 ( $R^2= 0,67$ ), basándonos siempre en el coeficiente de determinación. Como en el anterior, UGS fue la variable más importante ( $R^2$  parcial=0,43), seguida por UA OB y PV.

La significancia de este modelo (día 42) para nuestros objetivos es soportada por los resultados obtenidos en los análisis de correlación y regresión. En los otros modelos para predecir YG, los  $R^2$  oscilaron entre 0,50 y 0,59 y nuevamente UGS fue responsable de la mayor variación en YG.

Toda esta información (análisis de correlación y de regresión) permite concluir que es posible clasificar los novillos en grupos de similar rendimiento carnicero en base a las mediciones de espesor de grasa subcutánea a nivel de la 12-13<sup>a</sup> costilla desde tempranas etapas del régimen alimenticio. Esta segregación es mejorada con la incorporación de variables como UA OB y PV.

En el Cuadro 5 se presentan las ecuaciones de regresión para predecir YG utilizando todas las variables medidas en el tiempo de duración de la prueba. Los modelos que incorporaron tanto las primeras seis sesiones de mediciones como el total de siete, fueron buenos predictores de YG ( $R^2=0,81$  vs 0,85, respectivamente). El estimador de grasa (UGS) en el día 14, fue la variable más importante en ambos modelos ( $R^2$

parcial=0,44). La segunda variable en ser considerada fue UA OB registrada al inicio del ensayo mientras que la única variable correspondiente a la medición del día 42 fue UA OB, con un  $R^2$  parcial de 0,06.

Considerando que el espesor de grasa subcutánea es la variable de mayor influencia en la ecuación de YG, parecería importante predecir esta variable cuando se piensa clasificar los novillos en grupos de similar composición, especialmente cuando se dispone de sistemas de comercialización basados en premiar las virtudes de la canal.

Las correlaciones entre las UGS a los 14, 28, 42, 56 y 70 días fueron altas en el rango de  $r=0,80-0,89$  (información no presentada). Existen varios trabajos de investigación que muestran que este sistema de segregación podría ser efectivo en la comercialización de los animales (Houghton y Turlington, 1992; Trenkle e liams, 1997; Delehant et al., 1997). Trenkle (1998) agrupando novillos de feedlot en base a altura al anca y espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonografía reportó que 92% de los novillos con bajo nivel inicial de grasa presentaron grados de rendimiento entre 1 y 2 comparado con un 62% del grupo con mayor nivel de grasa. El primer grupo fue a su vez el más eficiente en la conversión de alimentos y el que mostró mayores ganancias diarias de peso.

Se constata entonces que la ultrasonografía puede medir efectivamente ciertas variables como el espesor de grasa subcutánea y que esta medida junto con otras tomadas en el animal vivo (peso vivo y altura del anca) permite agrupar los animales en diferentes categorías de rendimiento y/o calidad carnicera, mejorando la uniformidad de la canal (Houghton y Turlington, 1992 y Basarab et al., 1997).

Aunque la clasificación de los animales en base a grasa subcutánea inicial fue de mayor aporte que la medición del área del ojo del bife, el uso de ambas podría aumentar la efectividad en alcanzar los objetivos. En este estudio, UA OB en el día 82 estuvo altamente correlacionado con UA OB a los 14, 28, 42 y 56 días ( $r= 0,77, 0,79, 0,85$  y  $0,76$ , respectivamente).

**Cuadro 4.-** Ecuaciones de regresión para predecir grado de rendimiento en la canal usando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo tomadas durante el período de engorde

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales								R <sup>2</sup>
	Intercep.	UGS	UAOB	UP8	AA	PV	UPC	UMAR	
<b>YG</b>									
<b>1 día</b>									
1	2.29	3.34**							0.26
2	4.06	3.70**	-0.21**						0.45
3	2.60	3.01**	-0.27**				0.81**		0.51
<b>14 días</b>									
1	2.27	3.51**							0.31
2	3.92	4.31**	-0.19**						0.45
3	-0.51	4.40**	-0.24**		0.09**				0.56
<b>28 días</b>									
1	2.01	3.51**							0.33
2	3.04	3.86**	-0.11						0.39
3	1.90	3.70**				0.003*			0.50
<b>42 días</b>									
1	1.77	3.83**							0.43
2	3.53	4.55**	-0.20						0.56
3	2.65	4.27**	-0.31**			0.002*			0.64
4	2.41	2.88**	-0.30**	1.52		0.002*			0.67
<b>56 días</b>									
1	2.12	2.73*							0.26
2	4.37	3.17**	-0.22**						0.43
3	3.36	2.94**	-0.31**			0.002*			0.52
4	3.16	1.78*	-0.33**	1.90*		0.002*			0.59
<b>70 días</b>									
1	2.34	1.90**							0.19
<b>82 días</b>									
1	1.71	2.95**							0.38
2	4.08	3.32**	-0.22**						0.59
3	2.64	3.11**	-0.37**			0.003**			0.77
4	2.01	2.86**	-0.37**			0.003**		0.17*	0.80

\*\* Variable significativa (P&lt;0,01) \*Variable significativa (P&lt;0,05)

**Cuadro 5.-** Ecuaciones de regresión para predecir grado de rendimiento de la canal usando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo considerando desde 1 a 70 y 1 a 82 días.

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales						R <sup>2</sup>
	Intercep.	UGS2	UAOB7	UAOB1	UAOB4	AA1	
<b>YG</b>							
<b>1 a 82 días</b>							
1	2.07	4.14**					0.45
2	5.12	5.94**	-0.31**				0.81
3	4.63	5.30**	-0.38**			0.001*	0.85
<b>1 a 70 días</b>							
1	2.06	4.13**					0.44
2	4.00	5.63**		-0.26**			0.70
3	4.67	6.38**		-0.17*	-0.17*		0.76
4	0.98	6.65**		-0.17*	-0.23**	0.09*	0.81

\*\* Variable significativa (P<0,01)

\* Variable significativa (P<0,05)

La predicción de QG a través de las mediciones en vivo es presentada en la Cuadro 6. Al igual que en YG, el mejor modelo fue el que utilizó las mediciones del día 82 (R<sup>2</sup>= 0,70) donde UMAR representó el 56% de la variación en calidad. Las otras dos variables del modelo fueron UAOB y UP8. La presencia de la primer variable (UAOB) podría ser explicada por la correlación positiva entre ésta y QG (r= 0,28, Cuadro 3).

El siguiente modelo en importancia según el coeficiente de determinación (R<sup>2</sup>) fue el correspondiente al día 56 (R<sup>2</sup>= 0,61) donde UMAR presentó un R<sup>2</sup> de 0,52.

Al incluir todas las mediciones desde el día 1 hasta el 82 (Cuadro 7), UMAR en el último día explicó el 64% de la variación en QG. Sin embargo, cuando la sesión final de ultrasonografía no fue incluida, UMAR al día 42 y UAOB al día 56 explicaron el 61% y el 15% de la esa variación respectivamente.

Comparando los modelos para predecir QG, se constata que las mediciones por ultrasonido iniciales tuvieron bajo poder predictivo, con la excepción de UP8 que llegó a representar un 35% de la variación en dichos modelos ( $\leq 28$  días). Esta dificultad para predecir QG en el inicio del período de engorde concuerda con otros estudios donde se manifiesta una mayor dependencia con el número de días de alimentación y con las diferencias genéticas entre los animales (Trenkle e liams, 1997; Brethour, 2000). Trenkle e liams (1997) encontraron que el agrupamiento de los animales basado en UGS y UA OB, no afectó la calidad final de las canales, atribuyendo la variación en marmoreo a las diferentes líneas de padres. La información genética podría ser más importante en determinar la calidad final de los animales que las estimaciones realizadas por ultrasonografía.

Sin embargo, nuestros datos muestran que QG podría predecirse con mediciones en vivo a partir del día 42. UMAR en esa fecha explicó el 61% de la variación en QG y estuvo altamente correlacionado con UMAR al día 82 (r=0,7).

**Cuadro 6.-** Ecuaciones de regresión para predecir grado de calidad en la canal usando mediciones por ultrasonido, altura del anca y peso vivo.

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales						R <sup>2</sup>
	Intercep.	UMAR	UP8	AA	PV	UAOB	
<b>QG</b>							
<b>1 día</b>							
1	497.58		253.83**				0.37
2	448.53	17.17*	234.34**				0.46
<b>14 días</b>							
1	509.64		200.08**				0.29
2	464.08	14.70	204.24**				0.35
<b>28 días</b>							
1	482.70		221.56**				0.35
2	429.94	16.64*	222.04**				0.44
<b>42 días</b>							
1	476.49	34.53**					0.43
2	359.61	39.84**			0.09*		0.50
3	367.70	36.51**	54.70		0.07		0.53
<b>56 días</b>							
1	462.09	40.70**					0.52
2	435.27	36.49**	76.69				0.57
3	199.66	39.47**	84.37*	4.40			0.61
<b>70 días</b>							
1	499.42	26.74**					0.45
2	442.24	21.69**	129.27**				0.59
<b>82 días</b>							
1	452.27	40.91**					0.56
2	341.77	42.17**				9.22**	0.65
3	318.63	39.60**	69.82*			8.46**	0.70

\*\* Variable significativa (P<0,01)

\* Variable significativa (P<0,05)

**Cuadro 7.-** Ecuaciones de regresión para predecir grado de calidad usando mediciones por ultrasonografía, altura del anca y peso vivo considerando desde 1 a 70 y 1 a 82 días

Variable Depend.	Coeficientes de regresión parciales							R <sup>2</sup>
	Intercep.	UMAR4	UAOB5	UPC2	UMAR5	UMAR7	UAOB7	
<b>QG</b>								
<b>1 a 82 días</b>								
1	455.53					39.70**		0.64
2	328.68					42.50**	10.14**	0.75
3	299.53	24.88**				22.28*	11.64**	0.83
<b>1 a 70 días</b>								
1	465.33	38.53**						0.61
2	326.49	41.05**	11.66**					0.76
3	251.62	43.80**	7.01	39.38				0.79
4	276.15	35.05**	4.07	37.27	13.44			<b>390.82</b>

\*\* Variable significativa (P<0,01)

\* Variable significativa (P<0,05)

#### III.4.4. Tablas de Contingencia

El coeficiente de correlación normalmente es utilizado para medir exactitud, sin embargo es considerado por muchos investigadores como una pobre medición de la misma debido a que este coeficiente está sesgado por la variabilidad de la muestra. Para determinar si la tecnología del ultrasonido puede predecir si un animal clasifica dentro de un determinado grado de rendimiento y/o calidad o no, se elaboraron tablas de contingencia de 2x2 para cada sesión de ultrasonografía. En los Cuadros 8, 9 y 10 se resumen las mejores sesiones para predecir QG y YG separadamente y su mejor combinación basada en la exactitud que proporciona la suma de los casos verdaderos positivos y negativos. Las categorías especificadas fueron: Choice para calidad y 4 para rendimiento carnicero.

Para la detección de rendimientos menores a 4 (Cuadro 8b), las mediciones por ultrasonido tomadas al día 14 mostró la mayor exactitud (91%) con una capacidad discriminadora significativa ( $\chi^2=12,9$ ;  $P<0,01$ ). La sensibilidad (fracción verdadera positiva) para predecir  $YG<4$  fue alta (100%) pero la especificidad (fracción verdadera negativa) fue solamente del 33%. Esto significa que dicho procedimiento fue efectivo en detectar el ganado que clasificaría en el rango de 2 a 3 de YG utilizando la fracción verdadera positiva. En este escenario la sensibilidad podría ser más importante que la especificidad para identificar los candidatos con  $YG < 4$ . En la predicción realizada en el día 14 de la prueba, el 86% de los animales clasificaron en la categoría menor a 4.

El modelo correspondiente al día 42 (Cuadro 8a) siguió en importancia con una exactitud de 88%, siendo la fracción verdadera positiva la más importante (100%) en la segregación de los animales con  $YG < 4$  ( $\chi^2=6,28$ ;  $P < 0,025$ ).



Sin embargo, para este momento se detectó una mayor capacidad para clasificar animales con un YG < 2 - 2,5. En esta ocasión la más alta exactitud (93%) se obtuvo a través de la especificidad (100%).

**Cuadro 8.-** Tablas de Contingencia para predecir YG

a) Mediciones a los 42 días

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de YG2A		Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de YG3	
Predicho 2A Tipificado 2A VP 1	Predicho 2A Tipificado 2B-3-4 FP 0	Predicho 2-3 Tipificado 2-3 VP 37	Predicho 2-3 Tipificado 4 FP 5
Predicho 2B-3-4 Tipificado 2A FN 3	Predicho 2B-3-4 Tipificado 2B-3-4 VN 39	Predicho 4 Tipificado 2-3 FN 0	Predicho 4 Tipificado 4 VN 1
Sensitividad: 25% Especificidad: 100% Exactitud: 93% (total 43 animales) $X^2=6.28$ (P<0.025)		Sensitividad: 100% Especificidad: 17% Exactitud: 88% (total 43 animales) $X^2= 10.34$ (P<0.01)	

b) Mediciones a los 14 días

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de YG3	
Predicho 2-3 Tipificado 2-3 VP 37	Predicho 2-3 Tipificado 4 FP 4
Predicho 4 Tipificado 2-3 FN 0	Predicho 4 Tipificado 4 VN 2
Sensitividad: 100% Especificidad: 33% Exactitud: 91% (total 43 animales) $X^2 = 12.90$ (P<0.01)	

Las medidas de exactitud para la clasificación en base a calidad (QG) mejoró con los días de alimentación y con la proximidad a la fecha de faena. Esta misma respuesta fue observada por Brethour (2000). El porcentaje de animales en nuestro ensayo que fue tipificado como Select fue de un 63%. El parametro de especificidad mostró los mejores

resultados en la exactitud de la predicción de QG a comienzos del feedlot. Los modelos de mayor exactitud fueron los correspondientes a los días 42 y 56 con 84% y 85% respectivamente (Cuadro 9). Ambos presentaron una capacidad de discriminación significativa ( $\chi^2= 16,15$  y  $16,58$ , respectivamente;  $P < 0,01$ ) donde la especificidad fue mayor que la sensibilidad (93% vs 85%, respectivamente).

Un cambio en la ponderación de estos índices fue observado cuando se analizó el grado Choice, donde la sensibilidad fue más importante para determinar la exactitud en la segregación de los novillos. Esto es concordante también con lo encontrado por Brethour (2000).

Sin embargo si nosotros asumimos que la información perdida (imágenes que no son reconocidas por el programa principalmente por presentar niveles bajos de marmoreo) corresponde a animales que manifiestan un nivel de Select o menor, el número de casos en la fracción verdadero positiva podría llegar a ser más alto que en la fracción verdadero negativa y por lo tanto la sensibilidad ser más importante que la especificidad en esta situación.

**Cuadro 9.-** Tablas de Contingencia para predecir QG

a) Mediciones a los 42 días

b) Mediciones a los 56 días

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de Select	
Predicho Select Tipificado Select VP 20	Predicho Select Tipificado Choice FP 2
Predicho Choice Tipificado Select FN 4	Predicho Choice Tipificado Choice VN 11
Sensitividad: 83% Especificidad: 85% Exactitud: 84% (total 37 animales) $\chi^2=16.15$ ( $P<0.01$ )	

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de Select	
Predicho Select Tipificado Select VP 14	Predicho Select Tipificado Choice FP 1
Predicho Choice Tipificado Select FN 4	Predicho Choice Tipificado Choice VN 14
Sensitividad: 78% Especificidad: 93% Exactitud: 85% (total 33 animales) $\chi^2= 16.58$ ( $P<0.01$ )	

Cuando ambas características de la canal fueron consideradas para determinar si un animal entra en la categoría Select e  $YG < 4$  (Cuadro 10), la mayor exactitud (49%) correspondió a la combinación de las mediciones tomadas en el día 14 para predecir YG y en el día 42 para QG ( $\chi^2=46,8$ ,  $P < 0,01$ ). En estas tablas se contactó un mayor número de casos en la fracción verdadero positiva.

A esta combinación le siguió la predicción estimada utilizando las mediciones en el día 42, tanto para YG como QG (exactitud= 46%;  $\chi^2= 10,81$ ,  $P < 0,01$ ). Sensitividad fue más importante que especificidad en esta oportunidad.

**Cuadro 10.-** Tablas de Contingencia para predecir YG and QG

a) Mediciones a los 42 days para ambos (YG and QG)

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de Se/<4	
Predicho Se / <4 Tipificado Se / <4 VP 17	Predicho Se / <4 Tipificado Ch / 4 FP 0
Predicho Ch / 4 Tipificado Se / <4 FN 0	Predicho Ch / 4 Tipificado Ch / 4 VN 0
Sensitividad: 100% Especificidad: 0% Exactitud: 46% (total 37 animales) $X^2=10.81$ (P<0.01)	

b) Mediciones a los 14 días para YG y a los 42 días para QG

Tablas de Contingencia 2 x 2 Detección de Se/<4	
Predicho Se / <4 Tipificado Se / <4 VP 17	Predicho Se / <4 Tipificado Ch / 4 FP 0
Predicho Ch / 4 Tipificado Se / <4 FN 0	Predicho Ch / 4 Tipificado Ch / 4 VN 1
Sensitividad: 100% Especificidad: 100% Exactitud: 49% (total 37 animales) $X^2= 46.79$ (P<0.01)	

### III.5. Implicancias

El uso de esta tecnología, mediciones seriadas por ultrasonografía en tiempo real, permitiría clasificar los novillos en condiciones de feedlot en categorías de similar rendimiento carnicero y calidad utilizando medidas tomadas en los primeros días de alimentación y durante el período de engorde.

Estas mediciones fueron utilizadas efectivamente para predecir rendimiento (YG) y calidad (QG) según el sistema de tipificación americano (USDA). Esta conclusión indicaría que las principales medidas ultrasonográficas en el animal vivo, como área del

ojo del bife, espesor de grasa subcutánea y nivel de marmoreo, junto con el peso vivo registrados en la mitad de nuestro período de alimentación (día 42) podrían ser usadas para predecir las mencionadas características de la canal y por lo tanto agrupar los novillos acorde a éstas.

El uso del espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonografía podría ser utilizada tan temprano en el período considerado como ser a los 14 días de iniciado el engorde (84 días), debido fundamentalmente a la alta correlación que existió entre estos registros y la predicción del rendimiento carnicero.

Los niveles de marmoreo estimados por ultrasonografía no mostraron sustancial progreso durante los 84 días de la prueba. La exactitud para predecir calidad (QG) incrementó cuando las mediciones fueron hechas cercano a la fecha de faena. Sin embargo, existiría cierta evidencia, en que el uso de los valores de cría para marmoreado podría sustituir la necesidad de las estimaciones de QG.

La capacidad para clasificar novillos de feedlot en grupos de similar composición utilizando características en el animal vivo permitiría a los productores identificar el momento óptimo de embarque de esos animales. La efectividad de mejorar la uniformidad de las canales dependerá de los costos de la aplicación de esta práctica y de la implementación de un sistema de comercialización basado en el pago de premios.

---

BIBLIOGRAFIA

- AOAC. 1990.** Official Methods of Analysis, 14<sup>th</sup> ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Basarab, J.A., D. Milligan, J.J. McKinnon and B.E. Thorlakson. 1997.** Potential use of video imaging and real-time ultrasound on incoming feeder steers to improve carcass uniformity. *Can. J. Anim. Sci.* 77:385-392.
- Boleman, S.L., S.J. Boleman, W.W. Morgan, D.S. Hale, D.B. Griffin, J.W. Savell, R.P. Ames, M.T. Smith, J.D. Tatum, T.G. Field, G.C. Smith, B.A. Gardner, J.B. Morgan, S.L. Northcutt, H.G. Dolezal, D.R. Gill and F.K. Ray. 1998.** National Beef Quality Audit-1995: Survey of producer-related defects and carcass quality and quality attributes. *J. Anim. Sci.* 76:96-103.
- Brethour, J.R. 2000a. **Using serial ultrasound measures to generate models of marbling and backfat thickness changes in feedlot cattle.** *J. Anim. Sci.* 78:2055-2061.
- Brethour, J.R. 2000b. **Using receiver characteristic analysis to evaluate the accuracy in predicting future quality grade from ultrasound marbling estimates on beef calves.** *J. Anim. Sci.* 78:2263-2268.
- Delehant, T.M., G.R. Dahlke, M.P. Hoffman, J.C. Iiams, G.H. Rouse and D.E. Wilson. 1997.** Using real-time ultrasound during the feeding period to predict cattle composition. . Beef Research Report. Iowa State Univ., Ames. A.S. Leaflet R1433.
- Folch, J., M. Lees and G.H. Sloane Stanley. 1957.** A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 226:497-509.
- Hassen, A., D.E. Wilson, G.H. Rouse and R.L. Wilham. 1999.** Repeatability of ultrasound-predicted percentage intramuscular fat in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 77:1335-1340.
- Herring, W.O., S.E. Williams, J.K. Bertrand, L.L. Benyshek and D.C. Miller. 1994.** Comparison of live animal and carcass equations predicting percentage of cutability, retail product weight and trimmable fat in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 72:1107-1118.
- Houghton, P.L. and L.M. Turlington. 1992.** Application of ultrasound for feeding and finishing animals: A review. *J. Anim. Sci.* 70:930-941.
- Houghton, P.L., D.D. Simms and J.J. Higgins. 1990.** Comparison of steer feedlot performance and carcass trait uniformity by method of sorting. pp 75-77. KSU Cattlemen's Day Rep. of Prog.

- Iowa State University (ISU). 1994.** Real-time ultrasonic evaluation of beef cattle. Study guide. Department of Animal Science, Ames, Iowa.
- May, S.G., H.G. Dolezal, D.R. Gill, F.K. Ray and D.S. Buchanan. 1992.** Effects of days fed, carcass grade traits, and subcutaneous fat removal on postmortem muscle characteristics and beef palatability. *J. Anim. Sci.* 70: 444-453.
- Smith, M.T., J.W. Oltjen, H.G. Dolezal, D. R. Gill and B.D. Behrens. 1992.** Evaluation of ultrasound for prediction of carcass fat thickness and *longissimus* muscle area in feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 70:29-37.
- Trenkle, A. 1998a.** Effects of initial body condition, frame size and concentration of dietary energy on carcass value of finishing steers. Beef Research Report. Iowa State Univ., Ames. A.S. Leaflet R1536.
- Trenkle, A. 1998b.** Effects of initial fat thickness, hip height, and concentration of dietary energy on Growth of area of the *longissimus dorsi* muscle and subcutaneous fat of yearling steers. Beef Research Report. Iowa State Univ., Ames. A.S. Leaflet R1539.
- Trenkle, A. and J.C. liams. 1997.** Potential value of ultrasound to sort feeder cattle into more uniform groups for finishing and marketing. Beef Research Report. Iowa State Univ., Ames. A.S. Leaflet R1432.
- Williams, R.E., J.K. Bertrand, S.E. Williams and L.L. Benyshek. 1997.** *Biceps femoris* and rump fat as additional ultrasound measurements for predicting retail product and trimmable fat in beef carcasses. *J. Anim. Sci.* 75:7-13.