

**UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**MEDICIONES DEL MUSCULO *LONGISSIMUS DORSI* Y
DE COBERTURA DE GRASA EN CORDEROS PESADOS
Y SU RELACION CON EL GRADO DE TERMINACION Y
RENDIMIENTO DE CORTES VALIOSOS EN
FRIGORIFICO**

por

Marcelo BUFFA HOGBEN
Juan Pablo PEREIRA PANISSA

TESIS presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo.

**MONTEVIDEO
URUGUAY
2004**

Tesis aprobada por:

Director: _____
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

Fecha: _____

Autor: _____
Nombre completo y firma

Nombre completo y firma

AGRADECIMIENTOS

Nuestros más sinceros agradecimientos hacia nuestros familiares y amigos, quienes nos apoyaron desde un principio en la elaboración de este trabajo, sin ellos hubiera sido imposible haber llegado a esta instancia.

A los Ing. Agr. Gianni Bianchi, Gustavo Garibotto y Oscar Bentancur, por brindarnos la oportunidad de realizar este trabajo y su dedicación durante el mismo.

A encargados y personal de los Frigoríficos Casa Blanca y NIREA S.A por dedicarnos su tiempo y poner a nuestra disposición sus instalaciones para la elaboración de este trabajo.

Por último, nuestros agradecimientos a quienes de una manera u otra colaboraron con nosotros: Ing. Agr. Luis Salvarrey, Ing. Agr. Alejandro Peculio, Ing. Agr. Pablo Chilbroste, funcionarias de biblioteca de Facultad, Teresita Gilardoni, y personal de los establecimientos donde se recabaron parte de los datos para realizar este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION	II
AGRADECIMIENTOS	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	IV
1. <u>INTRODUCCION</u>	1
2. <u>REVISION BIBLIOGRAFICA</u>	5
2.1 METODOS PARA PREDECIR LA COMPOSICION DE LA CANAL EN ANIMALES VIVOS.....	5
2.2 ULTRASONOGRAFIA.....	7
2.2.1 <u>Descripción de la técnica</u>	7
2.2.2 <u>Descripción del equipo</u>	7
2.3 APLICACIONES DEL ULTRASONIDO	11
2.3.1 <u>Mediciones musculares</u>	13
2.3.1.1 Mediciones del área del ojo de bife.....	13
2.3.1.2 Mediciones de profundidad del músculo <i>Longissimus dorsi</i>	18
2.3.1.3 Mediciones de ancho del músculo <i>Longissimus</i> <i>dorsi</i>	26
2.3.2 <u>Mediciones de grasa</u>	29
2.3.2.1 Mediciones de espesor de grasa subcutánea.....	29
2.3.2.2 Mediciones en el punto GR.....	38
2.3.3 <u>Predicción de grasa de cobertura y grasa total de la</u> <u>canal</u>	41
2.3.4 <u>Predicciones de cortes valiosos y músculos de la</u> <u>canal</u>	56
2.4 EFECTO DE LOS OPERADORES EN LA TOMA DE REGISTROS ULTRASONICOS.....	74
2.5 CONSIDERACIONES GENERALES	77

3. <u>MATERIALES Y METODOS</u>	80
3.1 LOCALIZACION Y PERIODO EXPERIMENTAL.....	80
3.2 ANIMALES	80
3.3 MEDIDAS EN LOS ANIMALES	80
3.4 ANALISIS ESTADISTICO	84
4. <u>RESULTADOS Y DISCUSION</u>	86
4.1 DESCRIPCION DE LAS VARIABLES ANALIZADAS ...	86
4.2 ASOCIACION ENTRE MEDIDAS TOMADAS MEDIANTE ULTRASONIDO Y EN LA CANAL.....	89
4.3 ASOCIACION ENTRE VARIABLES TOMADAS POR ULTRASONIDO EN 2 MOMENTOS DE MEDICION	97
4.4 ASOCIACION ENTRE CARACTERISTICAS MEDIBLES EN EL ANIMAL VIVO Y EN LA CANAL.....	98
4.5 ASOCIACION ENTRE LAS VARIABLES REGISTRADAS EN EL ANIMAL VIVO Y EN LA CANAL CON EL PRODUCTO VENDIBLE	104
4.6 MODELOS DE PREDICCION DE CORTES VALIOSOS	112
5. <u>CONCLUSIONES</u>	129
6. <u>RESUMEN</u>	132
7. <u>SUMMARY</u>	134
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	135
9. <u>ANEXOS</u>	147

1. INTRODUCCION

El consumo de carne ovina ha caído marcadamente en los últimos 30 años, con excepción de sus mayores exportadores (Australia y Nueva Zelandia). Esto se debe a que hay una tendencia a nivel mundial a reducir el consumo de carnes rojas exigiendo a su vez que éstas sean mas magras, tengan un engrasamiento mínimo que permita mantener jugosidad y sabor, bajo desperdicio (grasa y hueso), fácil de preparar y un alto nivel de opciones en cortes (Ward *et al.*, 1995). Esta señal del mercado, principalmente la que proviene de los consumidores ubicados en el norte de Europa, Estados Unidos y Canadá, ha sido interpretada por países exportadores (Australia, Nueva Zelandia, Escocia, Inglaterra y Francia), como una necesidad para establecer sistemas de producción de corderos con altos pesos de canal y adecuado engrasamiento (San Julián *et al.*, 1999).

Para satisfacer las exigencias del mercado, la dinamización de la producción de carne debe encarar múltiples aspectos, desde el conocimiento de los mercados a las alternativas tecnológicas disponibles y/o generarlas (Bianchi, 2001). Es así que en los países exportadores de carne ovina se destaca el rol fundamental que cumplen los programas de mejoramiento genético en razas doble propósito y carniceras (San Julián *et al.*, 1999).

El Uruguay históricamente se ha caracterizado por producir carne desosada congelada proveniente del descarte de animales adultos (capones y ovejas), como resultado de un esquema netamente lanero (Elhordoy, 1998; Bianchi, 2000; Bianchi, 2001). Sin embargo a causa de la caída del precio de la lana a partir de la década del 90, la producción de carne ovina se planteó como una nueva alternativa de exportación. Por este motivo y siguiendo las exigencias del mercado, es que en Uruguay aparece como una opción viable para la producción de canales pesadas provenientes de animales jóvenes (“corderos pesados” tipo S.U.L; Frade, 2002). Este nuevo producto de exportación exige ser llevado a igual nivel tecnológico que los grandes exportadores de carne ovina, que además cuentan con un agresivo

sistema de marketing (Bianchi, 2001). En este sentido el momento óptimo del año para exportar a los mercados europeos es entre julio y octubre, período en el que decae la oferta de corderos pesados de Oceanía a causa de razones estacionales (Chouy, 1996; Chouy, 1998). No obstante, esta marcada estacionalidad causa que a nivel nacional no se logre utilizar eficientemente la capacidad industrial instalada y el abastecimiento regular de los potenciales mercados consumidores (Bianchi, 2001).

Las investigaciones a nivel mundial apuntan a concebir y acreditar sistemas o métodos que evalúen de forma objetiva la composición y la calidad de las canales, siendo más precisos y concretos que la apreciación visual, mostrando una buena repetibilidad y asegurando la confianza de compradores, vendedores y consumidores. Hoy en día las técnicas más prometedoras, por considerarse además como no invasivas ni destructivas, son las que se basan en la imagen: Tomografía axial computarizada, resonancia magnética nuclear y ultrasonidos en tiempo real (Delfa, 1999).

La ultrasonografía permite determinar el valor y la calidad de un animal, desde su desenvolvimiento fetal hasta su venta final. La aplicación de esta técnica en la industria animal ha tenido un importante desarrollo en programas de selección dirigidos a mejorar la calidad de carne ovina (Bellenda, 2000). En trabajos realizados en bovinos por Crews *et al.* (2002), se señala que el ultrasonido de tiempo real puede ser usado para estimar la diferencia esperada en la progenie, incrementando la información genética disponible, siendo además otro factor determinante al momento de tomar la decisión de selección. Devitt *et al.* (2001) sostienen que esto es posible, dada la moderada a alta heredabilidad que tienen las medidas de área de músculo y el espesor de grasa subcutánea, lo que determina una buena correlación genética entre las medidas ultrasónicas realizadas en toros y las mismas medidas realizadas en la canal de sus hijas.

Si bien en nuestro país la utilización de la ultrasonografía ha venido adquiriendo mayor difusión año a año, principalmente en el área de la

reproducción y, particularmente, en el diagnóstico de gestación de ovinos y bovinos, en los últimos años se ha implementado esta técnica en programas de mejoramiento animal. Tal es el caso de la Sociedad de Criadores de Hereford, la Sociedad de Criadores de Corriedale y, más recientemente, la Sociedad de Criadores de Ideal, las cuales realizan trabajos conjuntos con los principales organismos de investigación del país, con el objetivo de mejorar la producción de carne (Grignola *et al.*, 2000). Actualmente, se están estudiando aplicaciones para la evaluación de puntos de terminación en animales de invernada (Gimeno *et al.*, 2003).

El ultrasonido es un método confiable y de fácil evaluación en el animal vivo que permite, a partir de mediciones del músculo *Longissimus dorsi* y de cobertura de grasa, estimar la proporción de carne en cortes de alto valor y la cobertura de grasa en la canal. Para ello, la investigación nacional se ha centrado en la comparación de estas medidas *in vivo* (a partir del ultrasonido) y *post mortem* (Castells *et al.*, 1998; Azzarini *et al.*, 1999; Grignola *et al.*, 2000; Garibotto y Bianchi, 2001). El escaso desarrollo de esta técnica en el Uruguay es la causa de la poca información disponible entre asociaciones de medidas registradas en animales vivos con valores registrados en las canales. El empleo de esta técnica, en la medida que sea precisa, puede constituir una herramienta de gran utilidad para ser incorporada en los programas de mejoramiento animal. A modo de ejemplo el sistema nacional de información genética y mejoramiento ovino de Australia (Lambplan), donde participan unos 70.000 animales evaluados anualmente, utiliza la ultrasonografía para las determinaciones de medidas del músculo *Longissimus dorsi* y cobertura de grasa. Esta situación ha permitido a la industria ovina australiana aumentos promedio en el peso de la canal de 250 g al año y, simultáneamente, reducir la grasa de cobertura (Garibotto y Bianchi, 2001). Similares resultados obtuvieron trabajos realizados en Escocia, con la raza Suffolk, donde el aumento del peso vivo estuvo acompañado por un marcado incremento de la cantidad de músculo y por aumentos despreciables o mantenimiento de la cantidad de grasa de cobertura (San Julián *et al.*, 1999).

Los objetivos de este trabajo son:

1- Confirmar para nuestras condiciones, el grado de asociación entre características de fácil evaluación en el animal vivo (estado corporal), grasa por ultrasonido (punto C), dimensiones musculares (área, profundidad y ancho del músculo *Longissimus dorsi*) con el desempeño en frigorífico (peso de canal fría y GR).

2- Demostrar para los sistemas de producción del país, la relación entre la estimación de las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y la profundidad de grasa subcutánea generadas por ultrasonido con el peso de los cortes de alto valor comercial.

El propósito es:

Validar a escala comercial la utilización del ultrasonido para predecir el rendimiento industrial de corderos pesados y su uso potencial para la evaluación de reproductores desde el punto de vista carnicero.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 MÉTODOS PARA PREDECIR LA COMPOSICIÓN DE LA CANAL EN ANIMALES VIVOS

En los últimos años ha cobrado importancia, disponer de información tecnológica que permita, tanto a nivel productivo como comercial, tomar decisiones respecto a los tipos de productos hacia los cuales se orientará cada sistema productivo. Esto puede ser logrado mediante la estandarización de cortes, niveles de terminación requeridos y las relaciones que se pueden encontrar entre determinaciones en vivo y rendimiento carnicero de corderos pesados (San Julián *et al.*, 2002).

Se buscan métodos objetivos de predicción que sean capaces de evaluar la composición de la canal de una manera rápida, que aseguren un daño mínimo en el valor comercial de la misma, que sean económicamente viables y sin perder de vista la exactitud de la predicción.

A continuación se presenta una síntesis de la revisión realizada por Standford *et al.* (1998), acerca de los métodos más usados para predecir la composición de la canal en animales vivos.

Medidas subjetivas: la apreciación visual junto con el estado corporal es el método más rápido y económico para predecir la composición de la canal en vivo. La aplicación de esta técnica es viable en rebaños muy homogéneos, dada la gran variación de grasa subcutánea que existe entre razas. En este tipo de estimaciones, el bajo número de técnicos experimentados y la dificultad en mantener los estándares de evaluación a lo largo del tiempo y criterios similares en las distintas regiones geográficas, pueden limitar el uso de esta técnica subjetiva.

Peso vivo: es un método pobre en predecir la composición de la canal debido a la influencia que sobre él ejercen la lana y vísceras. Esta técnica podría ser usada en corderos de igual madurez (misma edad y raza), lo que permite predecir el porcentaje de carne con un coeficiente de determinación de 0.51-0.76. En corderos de diferente madurez, los coeficientes de determinación entre el peso vivo y el porcentaje de carne vendible son bastante menores (0.14).

Tomografía computada (Rayos X): se han realizado pocos estudios con esta técnica, reportando que ésta, junto con el peso vivo, pueden predecir el contenido de carne libre de grasa en corderos con un coeficiente de determinación de 0.92-0.94. El alto costo, tanto del equipo como el de operación, hacen que se vea limitada su aplicación.

Resonancia magnética: al igual que el caso anterior, escasos son los estudios realizados con esta técnica. Algunos trabajos señalados en la revisión de Standford *et al.* 1998, obtuvieron valores de coeficientes de determinación de 0.78-0.91 para predecir el porcentaje de carne libre de grasa en corderos con diferentes pesos corporales.

Ultrasonido: a pesar de que esta técnica no tuvo al inicio resultados alentadores para ovinos, trabajos más recientes han demostrado que el ultrasonido es mejor predictor de grasa y rendimiento de carne vendible que el peso vivo.

Las exigencias de los consumidores de carne, demandan el cambio de las medidas subjetivas por las objetivas al momento de evaluar la composición de la canal (Standford *et al.*, 1998)

En las mediciones en vivo, el alto costo y limitado acceso a algunos de los métodos más precisos de evaluación, como la tomografía computada

y la resonancia magnética, hacen del ultrasonido una buena elección, a pesar de su relativa menor precisión (Standford *et al.*, 1998)

2.2 ULTRASONOGRAFÍA

2.2.1 Descripción de la técnica

La ecografía es una herramienta que produce ondas de alta frecuencia (ultrasonido) que son emitidas por el equipo a través de una sonda, que se sirve del eco diferencial causado por los distintos tejidos, para conformar una imagen en un monitor o pantalla (Garibotto y Bianchi, 2001). El equipo produce una determinada energía eléctrica, la que a través del transductor llega a los cristales (piezoeléctricos), los que se ocupan de transformar la energía eléctrica en ondas ultrasónicas. El eco es el reflejo de las ondas emitidas en función de la diferente impedancia acústica de los elementos que atraviesa (tejidos). Éste es recibido y captado por el transductor a través de los cristales, transformando las ondas sonoras en eléctricas para que lleguen al equipo, el que las convierte en imagen en la pantalla. Cuanto mayor sea la fracción de ondas que se reflejen contra un tejido, mayor será la intensidad de los ecos recibidos, pero menor será el número de ondas que continúen avanzando y enviando información. La interpretación de los ecos recibidos va a depender del tipo de equipo que se esté utilizando (Modo A o B).

2.2.2 Descripción del equipo

Hay 2 tipos de ecógrafos de pulsos ultrasónicos, el Modo A y el Modo B. El primero es una representación unidimensional de amplitud de eco en función de la distancia, donde los ecos recibidos aparecen en la pantalla como una línea horizontal cuando atraviesan un tejido homogéneo, transformándose en picos al pasar de un tejido a otro. Estos equipos constan

de una escala graduada la que permite medir la distancia en que se efectúan los picos, obteniéndose de esta manera, la profundidad que tiene cada tejido (Kempster *et al.*, 1982 a). (ANEXO I).

Los equipos Modo B, producen una imagen bidimensional exacta de cortes transversales de los tejidos blandos. La imagen obtenida, si se produce y borra en rápida sucesión, revela cualquier movimiento en el tejido que se visualiza. Esta es la base de la visualización “en tiempo real” Modo B (Hafez, 1996). En el monitor, los ecos recibidos son presentados como puntos brillantes y serán tanto más brillantes cuanto mayor haya sido el eco producido. Estos puntos están distribuidos en la pantalla en una posición proporcional a la dirección y profundidad desde la cual provienen. De esta manera a cada segundo se genera un conjunto de puntos de brillo para producir una imagen en tiempo real que representa un corte anatómico de la región examinada (Hafez, 1996; Castells *et al.*, 1998; Garibotto y Bianchi, 2001). (ANEXO II).

El brillo de los puntos va a estar dado por la densidad de los tejidos que atraviesan las ondas. A modo de ejemplo, en los tejidos de alta densidad (huesos), la mayoría de las ondas rebotan y aparecen como puntos blancos en la pantalla (Castells *et al.*, 1998); en compuestos líquidos, la mayoría de las ondas pasan de largo, por lo que aparecen de color negro. Por último, los gases (aire) no permiten la propagación de la onda, por lo que el contacto del transductor con el tejido animal es fundamental (Bellenda, 2000)

Los principales elementos que componen un equipo de ultrasonografía son: el generador de pulsos eléctricos, transductor, guía acústica y acoplante, convertidor de haz y pantalla (monitor) de video (Hafez, 1996). Se detalla a continuación cada componente del equipo y su función dentro del mismo.

Generador de pulsos eléctricos: Como ya se mencionó, el equipo produce una determinada energía eléctrica por medio del generador de pulsos eléctricos, la que es enviada al transductor que se encarga de transformar la energía eléctrica en ondas ultrasónicas (Hafez, 1996; Castells *et al.*, 1998; Garibotto y Bianchi, 2001).

Transductores: Dependiendo de los patrones que se producen en el monitor, los transductores son de tres tipos; lineal, convexos y sectorial. El transductor lineal produce una imagen rectangular, mientras que los dos últimos producen una imagen sectorizada de forma piramidal (truncocónica) (Garibotto y Bianchi, 2001). Los transductores de uso común en animales domésticos son del tipo de arreglo lineal y tienen intervalo de frecuencia de 3.5 a 7.5 mhz. Los de baja frecuencia (3.0 a 3.5 mhz) penetran más y permiten visualizar tejidos más profundos, pero tienen más bajo poder de resolución que los de alta frecuencia (5.0 a 7.5 mhz), los cuales presentan la imagen de los tejidos más cercanos a la superficie pero con alto poder de resolución. A modo de ejemplo, una frecuencia de 3.5 mhz alcanza aproximadamente 20 cm de profundidad, 5 mhz alcanza profundidades de 10 cm y frecuencias máximas de 7.5 mhz logran espesores de tan solo 3 cm (Castells *et al.*, 1998). Estos autores señalan que una frecuencia de 5 mhz sería un buen balance entre profundidad y resolución para realizar diagnóstico de gestación en bovinos y área de ojo de bife en ovinos.

Otro elemento a tener en cuenta cuando se trabaja con transductores lineales es el largo del mismo. La mayoría de los equipos toman una línea de 7 a 9 cm, que, al intentar medir las dimensiones del ojo del bife (en ovinos o bovinos), no captan en su totalidad la imagen del músculo. Para superar este inconveniente las compañías han creado transductores de 11 cm para ovinos y de 18 cm para bovinos de 5 y 3.5 mhz, respectivamente (Castells *et al.*, 1998).

Con respecto a los transductores de tipo sectorial, poseen la ventaja de necesitar menor superficie de contacto, pero como desventaja, no tienen

buena resolución del campo cercano de observación, mientras que las sondas convexas, de introducción más reciente, tienen una superficie curva y emiten haces radiados a partir de una base más amplia que las sondas sectoriales. De este modo se combinan las principales ventajas de ambos tipos de sondas, pues tienen buena resolución en las zonas proximales (propio de las lineales) y ampliación del campo de observación hacia la profundidad (propio de las sectoriales; Garibotto y Bianchi, 2001).

Guía acústica y acoplante: La guía acústica se une al borde lineal del transductor y es utilizado para mejorar el contacto con la superficie del animal ya que se amolda a la curvatura de su lomo, cosa que no se logra con el transductor de superficie plana. Este instrumento es definido por varios autores como fundamental para obtener una buena calidad de imagen de área de ojo de bife, no siendo necesario su empleo para la medición de grasa subcutánea e intramuscular (Castells *et al.*, 1998; Azzarini *et al.*, 1999).

Para realizar un buen contacto acústico entre el transductor o la guía acústica y la superficie del animal, se necesita un medio que realice un buen acoplamiento. Se podría usar gel de ultrasonido, pero, además de ser caro, es muy viscoso y provoca la formación de burbujas de aire entre la lana que no permite el paso de las ondas ultrasónicas. Por este motivo, es recomendable, práctico y económico el uso de aceite vegetal común de uso doméstico que, a su vez, no perjudica al animal, ni al operador, ni al transductor. Otro factor a tener en cuenta es la temperatura del aceite, si la temperatura ambiental es baja se recomienda entibiárselo (27° C) de manera que fluya mejor en la lana y mejore el contacto, obteniendo mejores resultados. En ninguna circunstancia se recomienda utilizar aceite mineral, ya que daña los cristales y los cables (Bellenda, 2000).

Convertidor de haz: La reflexión de las ondas (ecos) en superficies de tejido hacia el transductor produce una señal eléctrica que es procesada por un convertidor de haz y proyectada en un monitor de video (Hafez, 1996)

Pantalla de video: El tipo de ecógrafo (Modo A o Modo B) va a determinar la imagen obtenida en la pantalla. Esta imagen puede ser almacenada en una computadora para su posterior interpretación (Hafez, 1996).

2.3 APLICACIONES DEL ULTRASONIDO

El ultrasonido ha tenido gran difusión en el área de la reproducción, ya sea en el diagnóstico de gestación (nº de fetos, edad y sexo), en la evaluación de la actividad ovárica o en el diagnóstico de patologías del tracto reproductivo. En los últimos años, el uso de esta técnica se ha trasladado también al área de la producción de carne. En este sentido, la medición del área del ojo del bife (*Longissimus dorsi*), la grasa subcutánea (cobertura) y la grasa intramuscular (marmoreado), son algunas de las mediciones que pueden ayudar en la producción de carne de calidad (Castells *et al.*, 1998).

En el diseño de esquemas de mejora genética para cualquier especie, inciden, entre otros, la heredabilidad de las características de importancia económica y la relación genética entre ellas (Wolf *et al.*, 1981). En el Cuadro 1, se presentan las estimaciones de heredabilidad para diferentes características de la canal obtenidos por Botkin *et al.* (1969) y Wolf *et al.* (1981).

Cuadro 1. Estimaciones de heredabilidad para características de la canal de corderos obtenidas por Botkin *et al.* (1969) y Wolf *et al.* (1981).

Característica	Heredabilidad	
	Botkin <i>et al.</i> (1969)	Wolf <i>et al.</i> (1981)
Área de ojo del bife	0.34	0.14
Peso del <i>Longissimus dorsi</i>	0.4	-
Espesor de grasa subcutánea	0.51	0.21
Peso de la canal	0.33	-
Peso de grasa de la canal	0.44	-
Peso de músculo total de la canal	0.39	-
% de grasa de la canal	0.54	0.37
% de músculo de la canal	0.40	0.41

Se puede observar que, en general, las heredabilidades de las diferentes características de la canal son medias ($h^2 = 0.14-0.54$), sobre todo en las estimaciones halladas por Botkin *et al.* (1969). Las características relacionadas con la grasa de la canal presentan los valores más altos de heredabilidad en ambos reportes, encontrándose valores algo menores para las características de músculo total de la canal. Los valores más bajos de heredabilidad se obtuvieron para área del ojo del bife. Una posible causa de las diferencias encontradas en las estimaciones de estos trabajos pueden estar explicadas por variaciones entre poblaciones y ambientes (Wolf *et al.*, 1981). De todas formas las heredabilidades encontradas para músculo y grasa de la canal sugieren que se puede lograr una respuesta positiva a la selección, obteniéndose aumentos en músculo y óptimos niveles de engrasamiento. Botkin *et al.* (1969), concluyen que la grasa, el músculo y la terneza son características que poseen alta heredabilidad, mientras que, características cualitativas como color de la carne y marmoreado presentan una baja heredabilidad.

Las correlaciones entre las características de composición de la canal y aquellas medibles en el animal vivo, revisten particular interés, debido a que pueden indicar métodos de selección por la calidad de la canal que no dependen del sacrificio de parientes. Estos últimos, como el test de progenie, son más costosos que una simple medición del animal, con la consecuente disminución en la intensidad de selección y un aumento del intervalo generacional (Wolf *et al.* 1983).

La disponibilidad de métodos objetivos y precisos para estimar la composición de la canal, y la aceptable heredabilidad de las características de músculo y grasa de la canal, hacen del ultrasonido una herramienta interesante que permitiría lograr mayores aumentos en la respuesta a la selección, teniendo como principal ventaja el poder realizar las medidas en animales vivos.

2.3.1 Mediciones musculares

2.3.1.1 Mediciones de área del ojo de bife

El área del ojo de bife hace referencia al área de la sección transversal del músculo *Longissimus dorsi*, medida generalmente entre la 12^a-13^a costilla y, en algunos casos, entre la 1^a-2^a vértebra sacra (ANEXO III y IV).

Wilson, (1992) al realizar estudios en bovinos de carne, sostiene que es preciso que las medidas sean realizadas en un sitio donde el músculo *Longissimus dorsi* no se encuentre rodeado por otros músculos. Esta característica cobra particular importancia en los ovinos, donde el tamaño de los músculos es menor, dificultando la diferenciación entre ellos, sobretodo en corderos con bajo engrasamiento intermuscular, en que los músculos *Multifidus dorsi* y *Longissimus costarum* pueden aparecer en la

ecografía como formando parte del músculo *Longissimus dorsi* (Azzarini *et al.*, 1999).

Las mediciones del área del ojo del bife no sólo son importantes por sí solas (ya que el bife es un corte de alto valor comercial), sino que también, este músculo es un buen indicador de las características de toda la canal (Castells *et al.*, 1998). A pesar de ello, Garibotto y Bianchi, (2001) señalan que, en el Uruguay, por lo general, las correlaciones obtenidas son positivas bajas entre el área del ojo del bife y el porcentaje de carne en el trasero, y medias entre área del ojo del bife y porcentaje de cortes valiosos y la escala de tipificación de canales por conformación carnicera de INAC (INAC, 1996). Los autores agregan que sus resultados coinciden con los obtenidos por la investigación extranjera y que se requiere de mayor información local al respecto, particularmente aquella que contemple los genotipos de mayor difusión en el país, ya que la asociación entre estas variables parecería ser más débil en razas laneras que en carniceras.

Azzarini *et al.* (1999), basado en la bibliografía extranjera, sostienen que el área de ojo de bife, junto con otras características, pueden ser incluidas en índices de selección con distintos objetivos y lograrse una respuesta positiva en el objetivo perseguido. Sin embargo, señalan que no debe perderse de vista que en los ovinos las estimaciones de progreso genético han sido en general calculadas a partir de mediciones tomadas *post-mortem* directamente en las canales y que, cuando las características se registran *in vivo* a partir de ultrasonografía, los índices de selección son bastante menos precisos. Esto último en definitiva, va a depender de la correlación entre las medidas tomadas *in vivo* con los equipos ultrasónicos y aquellas registradas directamente en las canales. La magnitud de dicha correlación es bastante amplia pudiendo variar por características propias de los ovinos (pequeño espesor de grasa subcutánea, presencia de lana y piel movable), la destreza del operario y el tipo de herramienta utilizada (Azzarini *et al.*, 1999). Sin embargo, es tema de debate el valor mínimo en el cual la predicción del área del músculo *Longissimus dorsi* es lo

suficientemente precisa para la aplicación práctica en los programas de selección (Kempster *et al.*, 1982 a; 1982 b).

En el Cuadro 2 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos por diferentes autores que estudiaron el grado de asociación entre las medidas del área del ojo del bife realizadas *in vivo*, por ultrasonido, y *post-mortem*, medidas directamente en la canal. Complementariamente se presenta la información correspondiente al equipo de ultrasonido utilizado, la raza, el peso vivo al momento de la determinación y el número de animales.

Cuadro 2. Resumen de experimentos realizados en ovinos, que estudiaron la relación entre el área del ojo del bife medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal.

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Correlaciones entre área del ojo del bife por ultrasonido y en la canal
Shelton <i>et al.</i> (1977)	102	SE	Rambouillet	Scanogram	0.69
Edwards <i>et al.</i> (1989)	30	SE	(Finewood x Blackface) x Blackface	Aloka 210 DX (Modo B) (5 Mhz)	0.36
Mc Laren <i>et al.</i> (1991)	32	SE	SE	Aloka 210DX (Modo B) (3 Mhz)	0.45
Castells <i>et al.</i> (1998)	60	SE	SE	Pie Medical M 480 (5 Mhz)	0.6
Azzarini <i>et al.</i> (1999)	72	35.5	Corriedale	Pie Medical M 480 (5 Mhz)	0.25 (medido del lado derecho) 0.33 (medido del lado izquierdo)
Bianchi <i>et al.</i> (2000 a)	204	32	Corriedale y cruza F1	Pie Medical Scanner 480 (5 Mhz)	0.5
Grignola <i>et al.</i> (2000)	30	36.2	SE	SE	0.52
Garibotto y Bianchi (2001)	520	SE	Corriedale y cruza F1	Pie Medical 200 (3.5 Mhz)	0.55

SE : sin especificar

El Cuadro 2 resume resultados de trabajos nacionales y extranjeros con los coeficientes de correlación obtenidos entre medidas del área del ojo del bife realizadas *in vivo* y en la canal. Estas medidas fueron tomadas entre la 12^a-13^a costilla, evaluándose razas del tipo laneras, carniceras y sus cruza. Para realizar dichas mediciones se utilizaron 4 equipos de ultrasonido: Pie Medical modelo M480 (5 mhz, Modo B), Aloka SSD-500

(3.5 mhz, Modo B), Aloka 210 DX (5 mhz, Modo B) y Scanogram (ANEXO II). En todos los experimentos el análisis de los datos se realizó a través de correlaciones simples, utilizando el paquete estadístico SAS.

Los valores de correlación que se presentan en el Cuadro 2 muestran una variación importante, obteniéndose en los diferentes experimentos valores que van desde bajos ($r = 0.25$; Azzarini *et al.*, 1999) a medio-altos ($r = 0.69$; Shelton *et al.*, 1977). Esto concuerda con lo expresado por Simm *et al.* (1987) y Hopkins *et al.* (1996), quienes destacan que, en los ovinos, existen importantes diferencias en la magnitud de los valores registrados al medir la relación entre medidas realizadas por ultrasonido y en la canal.

Un factor que puede influir en la exactitud de las asociaciones es la interpretación de las imágenes, en este sentido, Mc Laren *et al.* (1991), al estudiar el desempeño de diferentes operadores para ovinos, bovinos y cerdos, encontraron que existen diferencias significativas en la interpretación de las imágenes por parte de diferentes evaluadores para las 3 especies consideradas.

Asimismo, en trabajos nacionales realizados por Azzarini *et al.* (1999), se señalan otras causas que pueden afectar las bajas correlaciones encontradas: el tipo racial, el equipo usado, el sitio de medición, el nivel de engrasamiento intermuscular, la falta de entrenamiento de los operadores y el uso de la sonda directamente sobre la piel sin la ayuda de una guía acústica. De la misma forma, otro factor que puede influir al realizar las mediciones, es la presencia de lana corta (1 cm), que en cierto modo dificulta la separación de las fibras para insertar la sonda sobre la piel sin recibir interferencias de la lana.

Castells *et al.* (1998), señalan que asociaciones mayores pueden ser logradas, al incorporar un transductor de 11 cm, un software específico y mayor experiencia del operador. Los autores agregan que se pueden

cometer errores en la medición *post-mortem* debido a la posición de la res y el desangrado. Hopkins *et al.* (1993), también reportan problemas al medir el ancho del músculo, con el fin de calcular el área a través de la fórmula: Área del músculo = Ancho del músculo *Longissimus dorsi* x Profundidad del músculo *Longissimus dorsi* x 0.8. Según estos autores los problemas son debido a que con un transductor de 9.6 cm no se puede observar la imagen completa del músculo en la pantalla, dado que las ondas reflejadas se degradan causando una probable subestimación del ancho del músculo, con una consecuente subestimación del área del ojo del bife.

No obstante, y a pesar de los diversos factores que pueden estar afectando la asociación de esta medida realizada por ultrasonido y en la canal, más de la mitad de los experimentos consultados obtuvieron correlaciones medias a altas ($r > 0.5$), correspondiendo la mayoría de éstos a trabajos nacionales.

2.3.1.2 Mediciones de profundidad del músculo *Longissimus dorsi*

De acuerdo a Cadávez *et al.* (1999 a), para satisfacer las necesidades del consumidor, la evaluación de canales de corderos debe basarse en dos parámetros igualmente importantes:

- 1) Parámetros de calidad, incluyendo características como: la terneza, el tamaño de las piezas, la cobertura de grasa, el marmoreado y el color de la carne y de la grasa.
- 2) Parámetros de composición: como el porcentaje de carne vendible o la proporción de grasa, músculo y hueso.

La medida de profundidad del músculo *Longissimus dorsi* (b) representa la altura de dicho músculo a nivel de la 12^a-13^a costilla (ANEXO III). Esta medida es capaz de evaluar la composición de la canal con gran exactitud, ya que estima con alta precisión el músculo total de la

canal, encontrándose coeficientes de determinación de 0.81 (Delfa *et al.*, 1995 a) y 0.92 (Dela *et al.*, 1995 b), y el peso de las piezas de carnicería.

En el Cuadro 3 se presentan los coeficientes de correlación obtenidos por diferentes autores al medir profundidad del músculo *Longissimus dorsi in vivo* y en la canal de caprinos y ovinos, en diferentes sitios de medición, utilizando un equipo Toshiba Sonolayer Sal-32B, provisto de una sonda de 5 Mhz de frecuencia, y un Aloka modelos SSD-500 y 500V con sondas de 3.5 y 5 Mhz respectivamente.

Cuadro 3. Resultados de trabajos en ovinos y caprinos que estudiaron la relación entre la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y su correspondiente medida en la canal.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS					
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Sitio de medición	Correlación entre profundidad del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por ultrasonido y en la canal
Delfa <i>et al.</i> (1995 c)	19	SE	Blancas Celtibéricas	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	0.88
				3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	0.91
				5 ^a -6 ^a vértebra lumbar	0.62
Delfa <i>et al.</i> (1996 a)	27	SE	Blancas Celtibéricas	5 ^a -6 ^a vértebra lumbar ¹	0.56
				3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ²	0.69
				1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ³	0.83
				3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ³	0.89
Delfa <i>et al.</i> (1997 a)	10	28.5	Angora	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ⁴	0.71
				1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ¹	0.25

Cuadro 3. Resultados de trabajos en ovinos y caprinos que estudiaron la relación entre la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y su correspondiente medida en la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Sitio de medición	Correlación entre profundidad del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por ultrasonido y en la canal
Delfa <i>et al.</i> (2000 a)	56	SE	Blancas Celtibéricas	5 ^a -6 ^a vértebra lumbar ⁵	0.47
				1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ⁵	0.83
				3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ⁵	0.84
EXPERIMENTOS EN OVINOS					
Mc Ewan <i>et al.</i> (1989)	30	SE	Coopworth	12 ^a -13 ^a costilla	0.41
	30		Romney		0.72
Delfa <i>et al.</i> (1991)	14	SE	Rasa Aragonesa	3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	0.22
Hopkins <i>et al.</i> (1993)	58	46.8	Cruzas Poll Dorset	12 ^a -13 ^a costilla	0.36
Binnie <i>et al.</i> (1995)	30	SE	Cruzas Romney	12 ^a -13 ^a costilla	0.94
Hopkins <i>et al.</i> (1996)	39	44.1	Poll Dorset x (Border Leicester x Merino)	12 ^a -13 ^a costilla	0.53
	37	54.7			0.56
Cadávez <i>et al.</i> (1999 b)	60	20.1	Churra Gallega Bragancana	3 ^a vértebra lumbar ⁶	0.63
				12 ^a -13 ^a costilla ⁶	0.69
				1 ^a vértebra lumbar ⁶	0.71

Cuadro 3. Resultados de trabajos en ovinos y caprinos que estudiaron la relación entre la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y su correspondiente medida en la canal. (Cont.)

Autor	Número de Animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Sitio de Medición	Correlación entre profundidad del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por ultrasonido y en la canal
				12 ^a -13 ^a costilla ⁷	0.68
				3 ^a vértebra lumbar ⁷	0.69
				1 ^a vértebra lumbar ⁷	0.73
Cadávez <i>et al.</i> (1999 c)	40	19.6	Churra Gallega Bragancana	3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ⁶	0.42
				1 ^a vértebra lumbar ⁶	0.46
				12 ^a -13 ^a costilla ⁶	0.82
				3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ⁷	0.5
				1 ^a vértebra lumbar ⁷	0.53
				12 ^a -13 ^a costilla ⁷	0.76

SE.: Sin especificar

¹ Medido en el lado izquierdo del animal a 2 cm de la columna vertebral

² Medido en el lado izquierdo del animal a 4 cm de la columna vertebral

³ Medido en el lado izquierdo del animal a 2 cm y 1/3 de la columna vertebral.

⁴ Medido en lado derecho del animal a 2 cm de la columna vertebral

⁵ Promedio de mediciones del lado derecho e izquierdo del animal a 2 cm de la columna vertebral.

⁶ Sonda de 7.5 mhz.

⁷ Sonda de 5 mhz.

Los trabajos que se presentan en el Cuadro 3 fueron realizados tanto en ovinos como en caprinos, tomándose las mediciones a nivel de la 12^a-13^a costilla, así como también a nivel de la 1^a a 6^a vértebra lumbar. El análisis de los datos se realizó a partir de correlación simple y lineal.

Con respecto a los trabajos realizados con caprinos se encontró que los coeficientes de correlación fluctuaron en un amplio rango ($r = 0.25 - 0.91$), observándose, en general, las menores asociaciones a nivel de la 5^a-6^a vértebra lumbar; mientras que los experimentos donde las estimaciones se realizaron a partir de la 1^a-2^a y 3^a-4^a vértebra lumbar, mostraron las mejores asociaciones.

En los trabajos de Delfa *et al.* (1995 c); (1996 a); y (2000 a), sobre caprinos de la raza Blanca Celtibérica, se encontró que el coeficiente de correlación para profundidad del músculo fue mayor cuando se midió en el lado izquierdo del animal. A su vez, los mejores resultados se obtuvieron cuando las medidas se realizaron a 2 cm de la columna vertebral y a 1/3 de la longitud total de la apófisis transversa desde la columna vertebral en su punto medio (Delfa *et al.*, 1999), en comparación con las mediciones realizadas a 4 cm, que mostraron menor precisión. Sin embargo, estos resultados contrastan con otros estudios anteriores realizados por los mismos autores, quienes obtuvieron mejores resultados al medir el lado derecho del animal en cabritos de Angora (Delfa *et al.*, 1997 a). Estos resultados sugerirían que el mejor sitio de medición podría variar según la raza evaluada. Sin embargo, se debe tener en cuenta que en el experimento de Delfa *et al.* (1997 a) se evaluó un bajo número de animales (10), que podría estar afectando la exactitud de los resultados.

Con respecto a los experimentos realizados en la especie ovina, que se presentan en el Cuadro 3, se encontró un rango de resultados similar al obtenido en caprinos, variando para este caso el coeficiente de correlación, en particular, entre 0.22 y 0.94.

Los trabajos realizados por Cadávez *et al.* (1999 c), utilizando sondas de 5 y 7,5 Mhz, encontraron que, independientemente de la sonda utilizada, en general se obtuvieron correlaciones medias para medidas realizadas sobre la 3^a vértebra lumbar, correlaciones algo superiores para aquellas realizadas en la 1^a vértebra lumbar y mayores aún en la 12^a costilla.

En lo que se refiere al tipo de sonda utilizada, los experimentos realizados por Cadávez *et al.* (1999 b) y (1999 c) sugieren que con sondas de diversa frecuencia se pueden obtener buenas estimaciones de la profundidad del músculo *Longissimus dorsi*. Para las diferentes razas evaluadas en éstos experimentos, los mejores resultados se obtuvieron con las razas Churra Gallega Bragancana, Romney y cruza Romney ($r = 0.72$ a 0.94).

Otra posible fuente de variación que puede afectar la exactitud en las mediciones de la profundidad del *Longissimus dorsi* en la canal tanto ovina como caprina, es el congelado en el frigorífico. El músculo al congelarse cambia su forma, tendiendo a redondearse, lo que provocaría un aumento de aproximadamente un 10 % en las mediciones de la profundidad del mismo en la canal, en comparación con aquellas realizadas por ultrasonido, afectándose así la precisión de la estimación (Fortin *et al.*, 1986).

Por otro lado y al igual que lo señalado para el área del ojo del bife, a partir de mediciones ultrasónicas de profundidad de músculo, es posible predecir el peso de piezas de carnicería.

En el Cuadro 4 se presenta información al respecto, elaborada a partir de datos obtenidos en los experimentos de Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 b) y (1999 d) en la especie ovina.

Cuadro 4. Resumen de trabajos realizados por Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 b) y (1999 d), en los que se analizaron los coeficientes de determinación entre diferentes cortes de la canal y medidas de profundidad del músculo *Longissimus dorsi* por ultrasonido.

Variable dependiente	Variable independiente (b²)	Coefficiente de determinación (Rango de valores encontrados)
Pierna	b ² 3-4 vértebra lumbar	0.81 – 0.99
Costillas de lomo	b ² 1-2 vértebra lumbar	0.91- 0.92
Costillas de palo	b ² 12-13 costilla	0.89 - 0.90
Bajos	b ² 12-13 costilla	0.90 – 0.94
Piezas nobles ¹	b ² 12-13 costilla	0.86 – 0.95

¹ Piezas Nobles hace referencia a pierna y costillas

² Profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medida por ultrasonido

De los resultados de los trabajos que se presentan en el Cuadro 4 se puede observar que los valores obtenidos en la estimación de las diferentes piezas de carnicería son muy elevados, lo que permite sugerir que es posible estimar con alta precisión el peso de las piezas de carnicería a partir de la profundidad del músculo *Longissimus dorsi*.

En síntesis, se puede concluir que, en general, tanto en ovinos como en caprinos es posible obtener buenas asociaciones (medias-altas) entre la profundidad del músculo medida por ultrasonido y en la canal, con la salvedad que dichas estimaciones tienden a disminuir conforme las mediciones son realizadas en las últimas vértebras lumbares. La especie a evaluar puede determinar el lado del animal más conveniente para tomar las medidas (derecho o izquierdo) y la precisión en las estimaciones. Por otro lado, la elección de la sonda para medir profundidad de músculo no parecería estar afectando la precisión de las estimaciones. También deben ser tomados en cuenta los cambios a los que se somete la canal en la planta frigorífica, que pueden afectar la asociación entre las mediciones discutidas.

2.3.1.3 Mediciones de ancho del músculo *Longissimus dorsi*

De las tres medidas ultrasónicas que, por lo general, se toman del músculo, el ancho es la menos difundida. En el Cuadro 5 se presenta un resumen de la información recopilada en la bibliografía acerca de las relaciones existentes entre las medidas del ancho del músculo *Longissimus dorsi in vivo* y en la canal.

Cuadro 5. Resumen de trabajos realizados en la especie ovina con el fin de estudiar la asociación entre el ancho del *Longissimus dorsi* medido en el animal vivo y su correspondiente valor medido en canal.

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Correlación entre ancho del músculo <i>Longissimus dorsi</i> por ultrasonido y en la canal
Mc Ewan <i>et al.</i> (1989)	30	SE	Coopworth	Aloka (Modo B) (3 mhz)	0.04
			Romney Marsh	Toshiba sonolayer 22A (3 mhz)	0.38
Hopkins <i>et al.</i> (1993)	58	46.8	Cruzas Poll Dorset	Aloka SSD-500V (Modo B) (3.5 mhz)	-0.15
Binnie <i>et al.</i> (1995)	30	SE	Cruzas Romney Marsh	Aloka 500V (Modo B) (5 mhz)	0.75

SE : sin especificar

Los trabajos que se presentan en el Cuadro 5 fueron realizados en Australia y Nueva Zelanda, con corderos Coopworth y Romney puros y

cruzas, en los cuales se midió el ancho del músculo con 2 equipos en tiempo real (Modo B): Aloka (equipado con sondas de 3, 3.5 y 5 Mhz) y Toshiba (equipado con una sonda de 3 Mhz). Las mediciones fueron tomadas a nivel de la 12^a-13^a costilla.

Los coeficientes de correlación reportados en los distintos experimentos muestran la importante variabilidad entre los trabajos al medir este parámetro, encontrándose coeficientes de correlación que van desde negativos y bajos (Mc. Ewan *et al.*, 1989; Hopkins *et al.*, 1983), hasta positivos y altos (Binnie *et al.*, 1995).

Varios son los factores que pueden influir en las bajas correlaciones reportadas para ancho del músculo. Según Hopkins *et al.* (1993), entre ellos, se destacan la baja definición lateral originada por la degradación de las ondas, que podría causar una subestimación de esta característica. Estos autores llegan a la conclusión que el ancho del *Longissimus dorsi* no puede ser estimado a partir de mediciones ultrasónicas. Por su parte, Mc. Ewan *et al.* (1989) señalan que los ecógrafos Modo B tienen baja resolución al separar los objetos horizontalmente, mientras que verticalmente tienen pobres características reflectivas, lo que lleva a una baja definición entre los límites de los músculos *Longissimus dorsi* y *M. multifidus*. Este problema se acentúa en animales con bajo engrasamiento intermuscular (Azzarini *et al.*, 1999).

Otro factor a tener en cuenta es el tipo de sonda utilizado para realizar las mediciones. La diferencia encontrada en los resultados del experimento realizado por Mc. Ewan *et al.* (1989), se deben precisamente a esta causa. El equipo Aloka contaba con una sonda de 8.5 cm de ancho con guía acústica, mientras que el Toshiba estaba equipado con una sonda de 11 cm sin guía acústica. El mayor tamaño de la sonda tuvo como resultado una mayor definición lateral de la imagen obtenida y por consiguiente una mayor asociación entre las medidas ($r = 0.38$ vs $r = 0.04$, para sondas de 11 y 8.5 cm respectivamente; Cuadro 5). Asimismo, Binnie *et al.* (1995),

señalan que éste valor puede ser mejorado con el uso de una guía acústica, debido a que se logra una mejor adaptación a la anatomía de la región explorada, mejorándose el contacto entre el equipo y el animal.

Por otra parte, se deben tener en cuenta los cambios que sufre el músculo *Longissimus dorsi* al congelarse. Al igual que para la profundidad del músculo, el cambio de forma de éste, puede ser el causante de bajas correlaciones encontradas entre el ancho del músculo *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y en la canal (Fortin *et al.*, 1986). En este sentido, Binnie *et al.* (1995), reportan que el ancho del músculo se achica un 8 % cuando éste es congelado.

En síntesis, se puede concluir que los variables resultados obtenidos por diferentes autores al medir el ancho del músculo *Longissimus dorsi* por ultrasonido y en la canal, hacen que ésta medida sea un predictor poco confiable del rendimiento en carne (Standford *et al.*, 1995). Por otro lado, las asociaciones entre las medidas podrían verse incrementadas con el uso de una sonda de 11 cm o más, y con la incorporación de una guía acústica que mejore el contacto sonda-animal, facilitándose así la interpretación de la imagen. Adicionalmente es conveniente tener en cuenta que según algunos autores (Mc Ewan *et al.*, 1989) el tipo de equipo usado (Modo A o B), puede estar determinando en mayor o menor medida la exactitud de las estimaciones. Las asociaciones entre las medidas también son influenciadas por los cambios que el músculo, en forma conjunta con la canal, sufren en la planta frigorífica.

2.3.2 Mediciones de grasa

2.3.2.1 Mediciones de espesor de grasa subcutánea

El bajo consumo de carne ovina a causa de su alto engrasamiento, ha llevado en muchos lugares del mundo a crear programas de mejora genética intentando solucionar dicho inconveniente. Estos programas han logrado buenos resultados (aumento de músculo y disminución de grasa hasta niveles óptimos), en virtud que tanto el porcentaje de músculo como la grasa de la canal presentan heredabilidades medias (Botkin *et al.*, 1969; Wolf *et al.*, 1981). Por tal razón el lograr una estimación objetiva y precisa del grado de engrasamiento de la canal es vital, para mejorar los programas de selección y adaptarse a las exigencias de los consumidores.

Palsson (1939) define al punto C como una capa de grasa poco profunda que se ubica directamente sobre el músculo *Longissimus dorsi*, realizándose la determinación en el mismo lugar en el que se mide la profundidad del músculo (ANEXO III y IV).

Por lo general, el espesor de grasa subcutánea se mide en la última costilla dado que es un sitio de fácil localización. La poca variación que presenta esta medida entre animales, puede explicar la incapacidad que las medidas ultrasónicas tienen para identificar las diferencias composicionales entre ovinos. (Fortín *et al.*, 1986). A pesar que algunos autores concluyen que las medidas ultrasónicas del espesor de grasa tienen poco valor en la estimación de la composición de la canal (Jones *et al.*, 1982; Fortin *et al.*, 1986), otros autores opinan que ésta técnica puede tener buenos resultados en ovinos (Shelton *et al.*, 1977; Bass *et al.*, 1982), y bovinos (Kempster *et al.*, 1981).

El Cuadro 6 resume la información recabada de diferentes autores acerca de la asociación entre las medidas de espesor de grasa subcutánea realizadas *in vivo* (punto C) y en la canal para las especies caprina y ovina.

Cuadro 6. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos que estudiaron la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS						
Autor	Número de Animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Correlación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal
Delfa <i>et al.</i> (1996 a)	27	SE	Blanca Celtibérica	Toshiba sonolayer (Modo B) (5 mhz)	5 ^a -6 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.51
					lado izquierdo	0.50
					1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.66
					lado izquierdo	0.71
					3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.73
					lado izquierdo	0.73
					3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ²	
					lado derecho	0.62
					lado izquierdo	0.69

Cuadro 6. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos que estudiaron la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal. (Cont.)

Autor	Número de Animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Correlación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal
Delfa <i>et al.</i> (2000 a)	56	SE	Blanca Celtibérica	Toshiba sonolayer Sal 32-B (Modo B) (5 mhz)	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.56
					lado izquierdo	0.73
					5 ^a -6 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.69
					lado izquierdo	0.65
					3 ^a -4 ^a vértebra lumbar ¹	
					lado derecho	0.78
					lado izquierdo	0.75
					5 ^a -6 ^a vértebra lumbar ²	
lado derecho	0.48					
lado izquierdo	0.42					
EXPERIMENTOS EN OVINOS						
Shelton <i>et al.</i> (1977)	102	SE	Merino Rambouillet	Scano-gram	12 ^a -13 ^a costilla	0.77

Cuadro 6. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos que estudiaron la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal. (Cont.)

Autor	Número de Animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Correlación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal
Nicol <i>et al.</i> (1988)	28	SE	Border Leicester	AIDD (Modo A)	12 ^a costilla lado derecho	0.75
						lado izquierdo
	32	65.7			12 ^a -13 ^a costilla ³ lado derecho	0.81
					lado izquierdo	0.84
Edwards <i>et al.</i> (1989)	30	SE	(Finewood x Blackface) x Blackface	Aloka 210 DX (Modo B) (5 mhz)	Promedio entre 12 ^a -13 ^a costilla y 1 ^a -2 ^a vértebra sacra.	0.62
McEwan <i>et al.</i> (1989)	30	SE	Romney	AIDD (Modo A)	12 ^a costilla ⁴	0.71
			Coopworth			0.78
Delfa <i>et al.</i> (1991)	14	SE	Rasa Aragonesa	Toshiba sonolayer Sal 32-B (Modo B) (5 mhz)	3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	0.73
					4 ^a vértebra lumbar	0.87
Hopkins <i>et al.</i> (1993)	58	46.8	SE	Aloka SSD-500 (Modo B) (3.5 mhz)	12 ^a -13 ^a costilla	0.17
Binnie <i>et al.</i> (1995)	30	SE	Cruzas Romney	Aloka 500V (Modo B) (5 mhz)	12 ^a -13 ^a costilla derecha	0.93

Cuadro 6. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos que estudiaron la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal. (Cont.)

Autor	Número de Animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Correlación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal
Hopkins <i>et al.</i> (1996)	84 machos	51	Poll Dorset x (Border Leisester x Merino)	Aloka SSD-500 (Modo B) (3.5 mhz)	12 ^a -13 ^a costilla	0.22
	86 hembras	43			0.39	
Fernández <i>et al.</i> (1998)	20	25	Manchega	Toshiba sonolayer Sal 32B (5 mhz)	12 ^a -13 ^a costilla ²	0.54
					12 ^a -13 ^a costilla ¹	0.90
					12 ^a -13 ^a costilla ⁵	0.75
Cadávez <i>et al.</i> (1999 b)	60	20.1	Churra Gallega Bragancana	Aloka SSD-500 (Modo B) (5 mhz)	12 ^a costilla	0.58
					3 ^a vértebra lumbar	0.68
					1 ^a vértebra lumbar	0.69
					3 ^a vértebra lumbar	0.57
					1 ^a vértebra lumbar	0.64
				12 ^a costilla	0.66	

Cuadro 6. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos que estudiaron la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y su correspondiente valor medido en la canal. (Cont.)

Autor	Número de Animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Correlación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal	
Cadávez <i>et al.</i> (1999 a)	40	19.6	Churra Gallega Bragancana	Aloka SSD-500 (Modo B) (5 mhz)	1ª vértebra lumbar	0.42	
					3ª vértebra lumbar	0.7	
					12ª costilla	0.73	
					Aloka SSD-500 (Modo B) (7.5 mhz)	3ª vértebra lumbar	0.71
					1ª vértebra lumbar	0.74	
				12ª costilla	0.81		
Cuartielles <i>et al.</i> (1999)	343	SE	Aragonesa	Aloka SSD-500 (Modo B) (7.5 mhz)	2ª vértebra lumbar	0.65	
					4ª vértebra lumbar	0.67	
					113	SE	4ª vértebra lumbar

SE : sin especificar

¹ Medidas realizadas a 4 cm de la columna vertebral

² Medidas realizadas a 2 cm de la columna vertebral

³ Medido desde el lado opuesto al operador

⁴ Promedio de medidas del lado derecho e izquierdo del animal

⁵ Medido a 6 cm de la línea media de la columna vertebral

La información que se presenta en el Cuadro 6 proviene tanto de trabajos nacionales como extranjeros, destacándose dentro de estos últimos, evaluaciones australianas, neocelandesas y españolas. En general, se usaron equipos Modo A y B, de diferente modelo y frecuencia, los que midieron espesor de grasa a nivel de la 12^a-13^a costilla y entre la 1^a y 6^a vértebra lumbar, siendo común encontrar en esta última región, mediciones a diferente distancia de la columna vertebral. Los datos recogidos fueron analizados en su mayoría mediante análisis de correlación simple.

En general, los coeficientes de correlación son de medios a altos para caprinos ($r = 0.42-0.78$), y algo más variables en la especie ovina, encontrándose valores que van desde bajos a muy altos ($r = 0.17-0.93$), aunque con un claro predominio de coeficientes de correlación medios a altos.

En los trabajos realizados en caprinos, se encontró que en las mediciones hechas a 4 cm de la línea media de la columna vertebral, los resultados fueron más favorables cuando las lecturas se realizaron entre la 3^a-4^a vértebra lumbar ($r = 0.73$; Delfa *et al.*, 1996 a, y $r = 0.76$; Delfa *et al.*, 2000 a) independientemente del sitio del animal (derecho o izquierdo) elegido. En dos experimentos los mejores resultados se obtuvieron en las determinaciones realizadas a 4 cm de la línea media de la columna vertebral (Delfa *et al.*, 1996 a; Delfa *et al.*, 2000 a).

Con relación a los experimentos realizados en ovinos, en general, e independientemente del sitio de medición evaluado, las asociaciones entre medidas realizadas en el animal vivo y en la canal, muestran coeficientes de correlación que van de medios ($r = 0.39$; Hopkins *et al.*, 1996) a muy altos ($r = 0.93$; Binnie *et al.*, 1995). No obstante, en el estudio realizado por Fernández *et al.* (1998), en el que se evaluó la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonido y en la canal, a 2, 4 y 6 cm de la línea media de la columna vertebral y en dos sitios diferentes (12^a-13^a costilla y 3^a-4^a vértebra lumbar), se concluye que el mejor sitio de medición, se encuentra a los 4 cm entre la 12^a-13^a costilla. En este punto los autores reportaron un coeficiente de correlación de 0.90.

Asimismo, en el experimento de Nicol *et al.* (1988), los mayores coeficientes de correlación ($r = 0.84$) se obtuvieron cuando las medidas fueron tomadas en el lado izquierdo del animal, con el operador ubicado en el lado opuesto al lugar donde se realiza la lectura ($r = 0.79$ vs $r = 0.75$ y $r = 0.84$ vs $r = 0.81$; lado izquierdo y derecho del animal respectivamente). Los autores atribuyen sus resultados a que las medidas tomadas desde una localización opuesta a la del operador, genera una determinada presión del transductor sobre el animal, que puede mejorar el contacto sonda-animal, lográndose de éste modo una mejor calidad de imagen.

Por otra parte y a pesar que los datos presentados en el Cuadro 6 demuestran que se pueden lograr altas correlaciones a partir de la utilización de equipos Modo B, los resultados fueron muy variables ($r = 0.17$; Hopkins *et al.*, 1993, a 0.93; Binnie *et al.*, 1995). Comparativamente, las correlaciones encontradas a partir de las mediciones con equipos Modo A obtuvieron un rango menor, que a su vez partía de un valor superior ($r = 0.71$, Mc Ewan *et al.*, 1989, a 0.84, Nicol *et al.*, 1988). A su vez, Mc Ewan *et al.*, (1989), reportaron que el equipo Modo A es más útil en medir el espesor de grasa subcutánea que el Modo B, debido a la baja resolución que tiene este último.

La variabilidad encontrada en los resultados obtenidos a partir de mediciones con equipos Modo B, puede explicarse a partir de los experimentos realizados por Mc Ewan *et al.* (1989) y Hopkins *et al.* (1993). Estos autores señalan que el uso de equipos Modo B puede obtener buenos resultados al ser usado en ovinos adultos (con alto engrasamiento), obteniéndose incluso correlaciones mayores que las logradas por equipos Modo A. En estos últimos equipos, espesores de grasa excesivos afectan la exactitud de las medidas, causando una distorsión de las ondas durante la transmisión a través de la capa de grasa y provocando un pico al momento de atravesar la interfase grasa-músculo, que causa una subestimación en las medidas (Hopkins, 1990). A su vez, este tipo de equipos, también muestra dificultades al medir espesor de grasa en animales con muy bajo engrasamiento, ya que el pico producido por el cambio en la velocidad de

la onda cuando ésta atraviesa la interfase de los tejidos, es difícil de interpretar (Hopkins, 1990). Por esta razón los fabricantes del Modo A especifican un rango de operación de 2 a 18 mm para medidas de espesor de grasa sobre el músculo *Longissimus dorsi* (Hopkins *et al.*, 1993).

Con respecto al tipo de sonda utilizada, estudios realizados en ovinos por Cadávez *et al.* (1999 b) y (1999 c) con el fin de estimar el espesor de grasa subcutánea y el espesor de grasa esternal a partir de medidas ultrasónicas, encontraron que no hubo diferencias en estas estimaciones al usar sondas de 5 y 7,5 mhz, reportando, a su vez, una elevada precisión. Sin embargo, estos autores destacan que las mejores asociaciones se logran al comparar medidas de espesor de grasa esternal en el animal vivo y en la canal.

El sexo de los animales puede ser otra fuente de variación importante. Hopkins *et al.* (1996), encontraron valores de correlación mayores al medir el espesor de grasa subcutánea en hembras frente a machos criptórquidos ($r= 0,39$ vs $r= 0,22$, respectivamente), asociado a un mayor valor de grasa subcutánea en las hembras (3,6 vs 2,4 mm, para hembras y criptórquidos, respectivamente). Estos resultados coinciden con lo señalado en los experimentos de Fortín *et al.* (1986), Hopkins *et al.* (1993) y Young *et al.* (1994), quienes sostienen que conforme el espesor de grasa del animal aumenta, se cometen menos errores en las mediciones ultrasónicas. Para disminuir estos errores, en animales con bajo engrasamiento (como los criptórquidos), Hopkins *et al.* (1996) sugieren considerar en la predicción el peso vivo del animal al momento de la determinación.

Además se debe tener presente que ocurren ciertos cambios entre el animal vivo y el animal muerto. Por ejemplo, la grasa sólida, las formas del músculo y la capa de grasa subcutánea son alteradas cuando la canal es colgada, entrando en *rigor mortis* en una posición diferente que la que tiene el animal vivo. (Kempster *et al.*, 1982 b).

Otro factor que puede originar diferencias en las estimaciones, es la especie en consideración. En los trabajos realizados por Delfa *et al.* (1991); (1995 c) y (1996 a); se reportan valores de coeficientes de correlación para espesor de grasa subcutánea superiores para ovinos que para caprinos. Según estos autores, esto puede estar dado por diferencias en la distribución y partición de grasa. En este sentido, Delfa *et al.* (2000 a), encontraron que del total de tejido adiposo del cuerpo del animal, el porcentaje de deposición de grasa (subcutánea e intramuscular) es del 56% para ovinos y 44% para caprinos .

Por otra parte, tanto en ovinos como en caprinos, al medir espesor de grasa subcutánea por ultrasonido, se pueden sobreestimar las mediciones realizadas, ya que no se puede diferenciar con exactitud los límites entre los diferentes tejidos (Hopkins *et al.*, 1996). De todas formas, es posible lograr buenas asociaciones entre medidas por ultrasonido y en la canal. Además, se debe tener en cuenta, que las diferencias de espesor de grasa entre medidas ultrasónicas y de la canal, parecen grandes en términos proporcionales, pero, en términos absolutos, son menores, ya que el espesor de grasa es muy fino y por lo tanto las diferencias entre ambas mediciones tienden a ser muy pequeñas.

2.3.2.2 Mediciones en el punto GR

El punto GR es una medida que se relaciona bien con el grado de cobertura de grasa sobre el ojo del bife y es un buen indicador del contenido total de grasa en la canal. Esta característica se mide con una regla milimetrada especialmente diseñada para medir dicho punto, a nivel de la 12^a costilla y a 11 cm de la línea media de la columna vertebral (Kirton *et al.*, 1979). La profundidad de este punto está determinada por tejido graso y tejido muscular. De acuerdo a Kirton *et al.* (1985) y Purchas (1994), esta es la medida de mayor uso en los sistemas de clasificación y tipificación de canales utilizados en Nueva Zelanda. En Australia se sugieren rangos

óptimos en función del peso de la canal, cuyos extremos van de 5 a 7 mm para canales de entre 10 y 14 kg, y entre 8 a 14 mm para canales de entre 20 a 30 kg, (Hopkins, 1990).

Kirton *et al.* (1979) sostienen que, a pesar de estar comunmente aceptado que en términos absolutos en las mediciones de C se cometen menos errores que en las mediciones de GR, los resultados obtenidos indican que, en términos relativos, hay poca diferencia entre ambas. Los autores señalan que por cada 4 mm medidos en el punto C, se comete un error de 1 mm, mientras que al medir 10 mm, en el punto GR se comete un error de aproximadamente 2.5 mm. Russel (1995) demostró que la medida del punto GR puede ser estimada según la fórmula $GR = 3 \times C^{0.5}$, obteniéndose valores altamente correlacionados con el valor real de dicho punto. No obstante, el autor señala que las asociaciones del punto GR a partir de ésta fórmula van a depender de la raza y del sexo del animal evaluado.

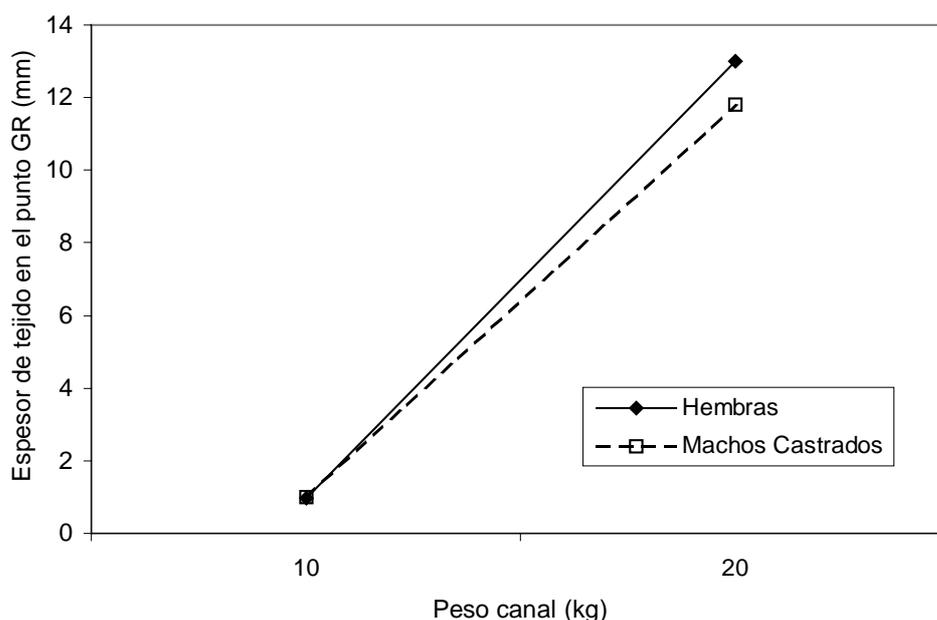
Hall *et al.* (2001), al comparar el engrasamiento de machos criptórcidos y hembras, cada uno bajo dos regímenes de alimentación, que proporcionaban altas y bajas tasas de ganancia de peso por animal, reportan diferencias entre sexos. Los autores concluyen que los machos criptórcidos presentaron, a igual peso, un menor engrasamiento de la canal, ya sea medido como espesor de grasa subcutánea o como punto GR. Al comparar el grado de engrasamiento según el régimen alimentario, estos autores observaron que, a igual peso, las medidas realizadas en la canal presentaron en aquellos animales con alta tasa de ganancia diaria, un mayor grado de engrasamiento.

Resultados similares fueron reportados por Hopkins *et al.* (1991), quienes encontraron que las hembras tenían un nivel de engrasamiento superior al de los machos castrados, enteros y criptórcidos. En trabajos de revisión presentados por Bianchi *et al.* (2002), se señala que éstas diferencias pueden ser atribuibles a una mayor actividad enzimática

lipogénica y a un mayor tamaño de adipositos en las corderas hembras frente a sus contemporáneos machos.

Experimentos realizados por Hopkins *et al.* (1993) y (1996), reportaron un efecto del sexo al estimar la asociación entre el punto GR medido por ultrasonido y en la canal. Estos trabajos señalan diferencias significativas entre ambas medidas cuando éstas eran tomadas en hembras, no sucediendo lo mismo cuando se realizaban en machos criptórcidos.

En la Figura 2 se presenta la relación entre el peso de la canal de hembras y machos castrados, con el punto GR. Los datos fueron extraídos de corderos cruza Suffolk y Poll Dorset con Merino e Ideal.



Fuente: Adaptado de Hopkins *et al.* (1991)

Figura 1. Relación entre el peso de canal y el espesor de tejido en el punto GR para hembras y machos castrados, cruce Suffolk y Poll Dorset con Merino Australiano e Ideal.

Los resultados muestran que hay una relación lineal entre el peso de la canal y el espesor de tejidos en el punto GR a partir de 10 kg en el peso de la canal: por cada kg de aumento de peso de la canal, el punto GR aumenta aproximadamente en 1 mm. Adicionalmente este aumento tiende a ser mayor en hembras que en machos castrados, notándose, además, que, a igual peso, el valor del punto GR en las hembras es mayor.

Experimentos nacionales donde se compararon corderos puros de la raza Merino Australiano y cruza de ésta con Texel, Hampshire Down, Southdown e Île de France, reportan diferencias significativas en el grado de engrasamiento (punto GR) entre las diferentes razas evaluadas, aún cuando la comparación se realizaba a peso de canal constante (Garibotto *et al.*, 2002). Según estos autores, los corderos cruza Île de France presentaron los valores más altos en el punto GR (10.1 mm), seguido por los corderos cruza Southdown (9.8 mm), Texel (8.8 mm) y Hampshire Down, que fueron los que presentaron valores del punto GR más bajos (7.8 mm); mientras que los corderos puros, mostraron valores intermedios del punto GR (9.2 mm).

2.3.3 Predicción de grasa de cobertura y grasa total de la canal.

Para el caso de nuestro país, la producción de carne ovina se plantea como una alternativa de exportación. En este marco resulta necesario contemplar las exigencias de calidad que demandan los consumidores, relacionadas con la producción de canales magras, con la mayor cantidad de carne a partir de reses pesadas y una presentación acorde de la carne. (Bianchi, 2000). De esta manera, cobra importancia identificar variables que puedan llegar a predecir, con aceptable nivel de precisión, el contenido de grasa de cobertura y total de una canal.

En el Cuadro 7 se presenta información proveniente de experimentos realizados en el extranjero, que muestran estimaciones de predicciones del

contenido de grasa subcutánea a partir de medidas *in vivo* y en la canal, en diferentes razas ovinas (Rasa Aragonesa, Churra Gallega Bragancana, Suffolk) y caprinas (Angora y Blanca Celtibérica).

Cuadro 7. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras medidas *in vivo* y en la canal del contenido de grasa subcutánea.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS							
Autor	Número de animales	Peso Vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1995 a)	27	SE	Blanca Celtibé- rica	Toshiba Sono- layer Sal-32B	4ª esternebra	grasa esternal	0.87
					4ª esternebra 5ª-6ª vértebra lumbar	grasa esternal + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.9
					4ª-5ª esternebra; 5ª-6ª vértebra lumbar	grasa esternal + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.92
					4ª-5ª esternebra; 5ª-6ª vértebra lumbar	grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.94
Delfa <i>et al.</i> (1995 b)	19	SE	Blanca Celtibé- rica	Toshiba Sono- layer Sal 32-B	2ª esternebra	grasa esternal	0.77
Delfa <i>et al.</i> (1997 b)	10	28.5	Angora	Toshiba Sono- layer Sal 32-B	1ª-2ª vértebra lumbar izquierda	espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.71

Cuadro 7. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras medidas *in vivo* y en la canal del contenido de grasa subcutánea. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (2000 b)	56	SE	Blanca Celtibé- rica	Toshiba Sono- layer Sal 32-B	4ª esternebra	grasa esternal	0.8
					4ª esternebra 5ª-6ª vértebra lumbar	grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.88
					4ª esternebra; 5ª-6ª vértebra lumbar	grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso vivo	0.91
OVINOS							
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1995 d)	29	21.4	Arago- nesa	Toshiba sonola- yer Sal 32-B (5 mhz)	4ª vértebra lumbar	peso vivo	0.18
						peso vivo + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.36

Cuadro 7. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras medidas *in vivo* y en la canal del contenido de grasa subcutánea. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²	
Cadávez <i>et al.</i> (2000 a); (2000 b)	47	20	Churra	Aloka SSD- 500V (7.5 mhz)	12 ^a vértebra torácica	espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.60	
			Gallega			2 ^a esternebra 12 ^a vértebra torácica		grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C
			Braganca				grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso de canal caliente	0.79
			Y Suffolk				grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso vivo	0.80
					2 ^a esternebra 12 ^a vértebra torácica y 1 ^a vértebra lumbar	grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso de la canal caliente	0.82	

Cuadro 7. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras medidas *in vivo* y en la canal del contenido de grasa subcutánea. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
						Grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C+ peso vivo	0.83

SE : sin especificar

Para estimar el contenido de grasa subcutánea de la canal en caprinos a partir de medidas ultrasónicas, se utilizó un equipo Toshiba Sonolayer Sal-32B equipado con una sonda de 5 mhz de frecuencia. En estos experimentos, las medidas de espesor de grasa esternal predijeron con mayor grado de precisión el contenido de grasa subcutánea (Delfa *et al.*, 1995 a; 1995 b; 2000 b), que aquellas en que la variable de predicción fue el punto C (Delfa *et al.*, 1997 b). Si a las estimaciones realizadas sobre la 4^a esternebra se le adicionan las medidas ultrasónicas de profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medido entre la 5^a-6^a vértebra lumbar, o si al espesor de grasa esternal medido entre la 4^a-5^a esternebra se le incorporan medidas del espesor de grasa subcutánea en el punto C tomadas entre la 5^a-6^a vértebra lumbar, se obtienen coeficientes de determinación iguales o superiores a 0.90, lográndose además, notorias disminuciones en el desvío estándar residual (26%), (Delfa *et al.*, 1995 a).

En lo que respecta a los trabajos en donde se evaluó la especie ovina, Delfa *et al.* (1995 d), encontraron que el peso vivo es un pobre predictor del total de grasa subcutánea de la canal, obteniendo un coeficiente de determinación de 0.18. Este valor, cuando se le agrega la medida de espesor de grasa subcutánea realizada por ultrasonido a nivel de la 4^a vértebra lumbar, aumenta a 0.36 (Delfa *et al.*, 1995 d). Por otro lado Cadávez *et al.*

(2000 a) y (2000 b), al predecir el total de grasa subcutánea a partir del punto C medido a nivel de la 12^a vértebra torácica, reportaron valores de coeficientes de determinación de 0.60. Este valor también se mejoró adicionando el espesor de grasa esternal ($R^2 = 0.73$), y a ambos, el peso vivo o peso de canal caliente (coeficientes de determinación cercanos a 0.8).

Del análisis del Cuadro 7 se puede concluir que las medidas ultrasónicas del punto C estiman con niveles medios-altos de precisión el contenido de grasa subcutánea de la canal en caprinos y ovinos. En estas estimaciones se puede observar que las medidas de espesor de grasa subcutánea tienden a ser más precisas en caprinos, que en ovinos. Esto concuerda con Standford *et al.* (1995), quienes concluyen que el uso del ultrasonido para evaluar la composición corporal ha sido menos exitoso en ovinos que en caprinos. Según estos autores, estas diferencias pueden ser atribuibles a:

- 1) variaciones anatómicas entre especies; entre ellas se destaca según Fortín *et al.* (1986), Edwards *et al.* (1989), la presencia de lana en ovinos (acentuándose aún más en animales que no fueron esquilados previo a las mediciones), una grasa más blanda y piel movable;
- 2) variaciones en el equipo y la sonda utilizada para realizar las mediciones.

Asimismo, las mediciones realizadas en la zona esternal, con el fin de predecir el contenido de grasa subcutánea, permiten obtener altos resultados en caprinos, en especial cuando esta medida se realiza a nivel de la 4^a esternebra. En ovinos, esta variable contribuyó al aumento en la precisión cuando se la asoció a medidas ultrasónicas del punto C (Cuadro 7).

En el Cuadro 8 se presentan resultados de diferentes experimentos en donde se estimó el contenido de grasa total de la canal para ovinos y caprinos, a partir de medidas ultrasónicas, de peso vivo, y de medidas realizadas en la canal.

Para estimar el contenido de grasa total de la canal en caprinos, Delfa *et al.* (1995 a); (1995 b); (1997 b) y (2000 b), realizaron mediciones ultrasónicas con un equipo Toshiba Sonolayer Sal-32B utilizando una sonda de 5 Mhz de frecuencia. Los datos se analizaron por regresión stepwise, obteniéndose coeficientes de determinación medios a elevados, que variaron entre 0,55 y 0,94.

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS					
Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1995 a)	27	Blanca Celtibérica	4 ^a esternebra	grasa esternal	0.83
			4 ^a esternebra 5 ^a -6 ^a vértebra lumbar	grasa esternal + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.87
			4 ^a y 5 ^a esternebra 5 ^a -6 ^a vértebra lumbar		0.89
Delfa <i>et al.</i> (1995 b)	19	Blanca Celtibérica	2 ^a esternebra	grasa esternal	0.80
			2 ^a esternebra 1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.84
			2 ^a y 5 ^a esternebra 1 ^a -2 ^a vértebra lumbar		0.88
			2 ^a , 3 ^a y 5 ^a esternebra 1 ^a -2 ^a vértebra lumbar		0.94

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1997 b)	10	Angora	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.55
				espesor de grasa subcutánea en el punto C + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.83
Delfa <i>et al.</i> (2000 b)	56	Blanca Celtibérica	3 ^a esternebra	grasa esternal	0.79
				grasa esternal + peso vivo	0.89
				grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso vivo	0.92

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal. (Cont.)

EXPERIMENTOS EN OVINOS					
Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R²
Mc. Ewan <i>et al.</i> (1989)	30	Coopworth		peso vivo	0.44
			12 ^a costilla	GR (ultrasonido)	0.47
				peso vivo + GR (ultrasonido)	0.52
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)	0.64
				peso vivo + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.67
				GR (canal)	0.72
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal)	0.78

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1991)	14	Rasa Aragonesa	4 ^a vértebra lumbar	espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)	0.63
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal)	0.81
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)+ peso de la canal fría	0.81
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido) + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.82
				peso de la canal fría + espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal)	0.89

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R^2
				peso de la canal fría + espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal) + espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)	0.9
Young <i>et al.</i> (1994)	76	Coopworth	13ª costilla	profundidad del músculo <i>L. dorsi</i> (canal)	0.08
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal)	0.19
				profundidad del músculo <i>L. dorsi</i> (ultrasonido)	0.23
				espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)	0.34
				GR (canal)	0.45
				GR (ultrasonido)	0.45

Cuadro 8. Resumen de experimentos en ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras del peso del tejido adiposo de la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Raza	Sitio medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1995 d)	29	Rasa Aragonesa		peso vivo	0.26
			4 ^a vértebra lumbar	peso vivo + espesor de grasa subcutánea en el punto C (ultrasonido)	0.33

SE : sin especificar

Los resultados del Cuadro 8 muestran que cuando las estimaciones del contenido de grasa total de la canal fueron realizadas a partir de medidas ultrasónicas de espesor de grasa subcutánea, se obtuvieron valores de coeficiente de determinación inferiores a los encontrados a partir de mediciones ultrasónicas de grasa esternal (R^2 : 0,55, Delfa *et al.*, 1997 b, vs 0,79 Delfa *et al.*, 2000 b y 0,83 Delfa *et al.*, 1995 a). Asimismo, cuando a las estimaciones que incluyen al espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido como única variable, se les adicionó la variable ultrasónica profundidad de músculo, se obtuvieron precisiones similares a las registradas a partir de mediciones esternales ($R^2 = 0.82$ Delfa *et al.*, 1991 y $R^2 = 0.83$ Delfa *et al.*, 1997 b). La precisión de estas últimas medidas realizadas en uno o más sitios esternales, también pueden verse incrementadas con la incorporación de otras medidas tales como el peso vivo y el espesor de grasa subcutáneo medido ultrasónicamente. De esta manera se registran aumentos de un 17,5 % en la precisión de las estimaciones del total de grasa de la canal, cuando se toman bajo una misma ecuación las medidas del espesor de grasa esternal en la 2^a, 3^a y 5^a esternebra, junto con la medida de espesor de grasa subcutánea entre la 1^a y 2^a vértebra lumbar ($R^2 = 0.80$ vs. 0.94, Delfa *et al.*, 1995 b).

Por otro lado y con respecto a los trabajos en los que se estimó el contenido de grasa total de la canal a partir de la medición de diferentes esternebras, no existirían grandes diferencias entre estimaciones realizadas en la 2ª, 3ª o 4ª esternebra. ($R^2 = 0.83$, Delfa *et al.*, 1995 a; $R^2 = 0.80$, Delfa *et al.*, 1995 b y $R^2 = 0.79$, Delfa *et al.*, 2000 b).

En los experimentos que se presentan en el Cuadro 8 para la especie ovina, se usaron 2 tipos de equipos: Toshiba Sonolayer Sal-32B con una sonda de 5 mhz y Aloka Scanner con una sonda 3 mhz de frecuencia. Los datos también fueron analizados por regresión stepwise, obteniéndose resultados que presentaron un amplio rango de variación ($R^2 = 0,08$ a $0,9$).

De acuerdo a los resultados obtenidos por Young *et al.* (1994), parecería que las mediciones ultrasónicas predicen con mayor exactitud el contenido de grasa total de la canal, que aquellas realizadas directamente sobre la canal, a excepción del punto GR, medida con la cual no existen diferencias ($R^2 = 0.23 - 0.34$ vs $R^2 = 0.08 - 0.19$, para ultrasonido y canal, respectivamente; Cuadro 8). Los autores atribuyen las diferencias encontradas entre las predicciones realizadas a partir de medidas ultrasónicas y en la canal a las siguientes razones:

- Un desplazamiento del tejido al momento de realizar la medición en la canal, que puede estar causado por la presión que se ejerce sobre la canal cuando se mide, o por la temperatura de aquella (diferentes grados de enfriamiento). En este sentido es mas fácil que el tejido se desplace en la canal caliente.
- Daño en los tejidos durante el sacrificio; esto sucede cuando se remueve el cuero de la canal, y parte de la grasa subcutánea puede ser removida con éste.
- Distorsión de tejidos antes de la medición en la canal; al seccionar la canal con el fin de medir el área del músculo *Longissimus dorsi*, se puede estar removiendo parte de los tejidos de soporte, lo que lleva a contraer las capas

superficiales de grasa. Esto tiene pronunciados efectos en las mediciones del punto C.

- Precisión del corte; una vez cortado el músculo, el plano de corte no puede ser cambiado, lo que puede llevar a errores en la medición. Esto no sucede en ultrasonido en donde el operador ajusta la posición y orientación del tejido a escanear cuantas veces lo desee.

- Localización anatómica; cuanto más chica es la capa de grasa a medir (principalmente el punto C), se induce a mayores errores en las mediciones.

Por su parte, trabajos anteriores realizados por Mc Ewan *et al.* (1989), encontraron que las predicciones a partir de medidas del punto C realizadas en la canal, presentaron una mayor precisión que la misma medida realizadas a partir de ultrasonido (0.78 vs 0.64, respectivamente). Estos autores encontraron que el mejor estimador del total de grasa de la canal, era el espesor de grasa subcutánea en el punto C, (Palsson, 1939) medido en la canal y no el punto GR (Kirton *et al.*, 1979), ($R^2 = 0.78$ vs. 0.72, respectivamente). Una posible causa de estos resultados es que los operarios que realizaban las determinaciones carecían de experiencia previa. Por su parte, en el trabajo de Young *et al.* (1994), los autores aseguran que no hay razón para creer que errores significativos puedan contribuir a las diferencias entre medidas ultrasónicas y de la canal, ya que sus operarios poseen una gran experiencia en la toma de las medidas ultrasónicas de b, C y GR. Mientras que el operador que realiza las medidas en la canal, es un experimentado técnico, el que se encuentra familiarizado con el proceso. También hay que considerar que en el experimento de Mc Ewan *et al.* (1989), se utilizó el promedio entre 2 medidas ultrasónicas, con lo cual se pueden obtener mejores precisiones en las estimaciones que con una única medida como es el caso del experimento de Young *et al.* (1994).

Las predicciones obtenidas a partir del peso vivo fueron de bajas a medias, pudiéndose incrementar en un 18 % a partir de la asociación de esta medida con el punto GR tomadas en la canal y hasta un 52% si al peso vivo

se le adiciona la medida ultrasónica de espesor de grasa (Mc. Ewan *et al.*, 1989). Las mediciones del punto C, ya sea tomada a nivel de la 12ª costilla como de la 4ª vértebra lumbar, registraron valores medio-altos ($R^2 = 0.63$, Delfa *et al.*, 1991 y 0.64 Mc. Ewan *et al.*, 1989, respectivamente). Las mayores precisiones ($R^2 = 0,9$, Delfa *et al.*, 1991) en la estimación se obtienen si, al peso de la canal fría, se le asocian las medidas de espesor de grasa medida en la 4ª vértebra lumbar por ultrasonido y en la canal.

Se puede concluir, entonces, que en ovinos al igual que en caprinos, por lo general, las mediciones realizadas a partir de ultrasonido, pueden estimar con aceptable precisión el contenido de grasa total de la canal, por lo tanto, este método puede resultar muy útil para identificar el grado de engrasamiento de las canales ovinas, y satisfacer la creciente demanda mundial de los consumidores que buscan cortes con bajo engrasamiento.

2.3.4 Predicción de cortes valiosos y músculos de la canal.

La canal de los ovinos está compuesta principalmente de proporciones variables de músculo, grasa y hueso. Dicha composición cobra gran importancia en los países desarrollados, en donde el alto contenido de calorías en sus dietas, determina grandes problemas nutricionales. Por esta razón, en estos países, el porcentaje de músculo de la canal es un factor que se tiene en cuenta, destacándose aquellos músculos que dan origen a cortes que se caracterizan por tener un bajo engrasamiento y escaso tejido conectivo (lomo y pierna sin hueso; Thonney *et al.*, 1987).

La composición corporal de los animales de todas las especies varía considerablemente como resultado de la velocidad de crecimiento, el plano nutricional y la base genética. El porcentaje de músculo puede variar entre menos del 35 % hasta el 50 % del peso corporal (Cadávez *et al.*, 2000 a). Según Hopkins *et al.* (1993), las medidas ultrasónicas pueden ser

importantes para seguir la evolución de los animales bajo diferentes regímenes de alimentación, como también la evolución en características de la canal a lo largo del ciclo de crecimiento.

El desarrollo de métodos de estimación de la composición corporal *in vivo* rápidos y baratos, que no provoquen daños en los rendimientos animales, poseen aplicabilidad:

- 1) en la determinación del momento óptimo de sacrificio (Standford *et al.*, 1998), permitiendo sacrificar aquellos animales que cumplen con las exigencias del mercado (Sather *et al.*, 1996).
- 2) en programas de selección de reproductores (Cadávez *et al.*, 2000 a).

En el Cuadro 9 se presenta información proveniente de diferentes experimentos que utilizaron la ultrasonografía para predecir el rendimiento de cortes vendibles (paleta, pierna, lomo y rack) a partir de medidas realizadas en la canal y en el animal vivo (Standford *et al.*, 1995). La importancia de estimar el rendimiento de estos cortes se debe a su alto valor unitario (a modo de ejemplo, el precio unitario del rack puede llegar a cuadruplicar el precio promedio de la canal), a su vez, la importancia de la paleta radica en el porcentaje que integra en el peso total de la canal. En términos generales, debe destacarse que el rack y la pierna sin hueso sumados representan, en promedio, más del 60 % del valor bruto de producción cárnica de una canal estándar (de los Campos *et al.*, 2002).

Cuadro 9. Resumen de experimentos que utilizaron la técnica ultrasonográfica en ovinos, para estudiar distintas variables predictoras del rendimiento en cortes vendibles.

Autor	Número de animales	Raza	Equipo	Variable de predicción de cortes vendibles	R ²
Hopkins <i>et al.</i> (1996)	170	Poll Dorset x (Border Leicester x Merino)	Aloka SSD-500 (Modo B) (3.5 mhz)	peso vivo	0.15 ¹ -0.19 ²
				peso vivo + espesor de grasa subcutánea	0.38 ² -0.43 ¹
Garibotto <i>et al.</i> (2001)	520	Corriedale y cruza F1	Pie Medical 200 (3.5 mhz)	área del ojo del bife	0.45
Shelton <i>et al.</i> (1977)	102	Rambouillet	Scanogram	área del ojo del bife	0.56
Standford <i>et al.</i> (1995)	57	Tipo lanera	Aloka SSD-500SEM (2 mhz)	espesor de grasa subcutánea	0.54
		Tipo carnífera		espesor de grasa subcutánea	0.64

SE : sin especificar

¹ Hembras

² Machos criptórquidos

La información del Cuadro 9 contempla razas de tipo laneras y carníferas, las mediciones ultrasonográficas se realizaron, en su mayoría, a nivel de la 12^a-13^a costilla, salvo en el trabajo de Standford *et al.* (1995), en el cual fueron realizadas a nivel de 1^a vértebra lumbar. Los coeficientes de determinación registrados en los diferentes experimentos fueron bajos, a medios-altos: 0.15 a 0.64. Los valores más bajos se obtuvieron a partir del peso vivo (R² = 0.15-0.19); mientras que las estimaciones a partir del área del ojo de bife medida en la canal o en el animal vivo, presentaron valores medios (R² = 0.45-0.56). Cuando se usó el espesor de grasa subcutánea

como variable de predicción de cortes vendibles, los valores fueron superiores ($R^2 = 0.64$; Cuadro 7).

En el experimento de Hopkins *et al.* (1996), se evaluó el rendimiento en cortes vendibles para corderas y corderos criptórquidos, observándose, que, independientemente del sexo, la combinación del peso vivo con medidas ultrasónicas de espesor de grasa, mejoró significativamente la estimación del rendimiento en carne vendible, frente al uso exclusivo del peso vivo. En este trabajo, en ningún caso las medidas de profundidad del músculo realizadas por ultrasonido, mejoraron significativamente la estimación del rendimiento en carne vendible.

Standford *et al.* (1995) sostienen que en razas del tipo carniceras, la medida de espesor de grasa por ultrasonido predice con mayor exactitud el porcentaje de carne vendible si se la compara con los resultados obtenidos en las razas del tipo laneras. Para éstas últimas, la variable edad, explicó la mayor parte de la variación en el rendimiento de carne magra y vendible, obteniéndose valores de coeficientes de determinación menores cuando la estimación se realizaba a partir de medidas ultrasónicas.

Con respecto a la influencia del sexo de los animales sobre el peso de los principales cortes comerciales, la reciente revisión de Bianchi *et al.* (2002), señalan que éste no causa ningún tipo de efecto cuando los resultados se comparan a peso de canal constante. De acuerdo a los autores, estos resultados estarían de acuerdo con la ley de armonía anatómica, que sostiene que animales de igual peso y similar grado de engrasamiento, no difieren mayormente en los cortes que componen la canal.

En síntesis y de acuerdo a lo discutido en este punto, el peso vivo parecería ser la medida de menor precisión en la estimación del rendimiento de carne vendible. Esta estimación es factible de mejorar a partir de la inclusión de la medida del punto C por ultrasonido, sin diferencias

significativas entre sexos. Asimismo el área del ojo del bife, demostró ser una buena alternativa para predecir el rendimiento en cortes vendibles. No obstante, la variable de predicción que estimó con mayor precisión el rendimiento en cortes vendibles fue el espesor de grasa subcutánea, siendo mayor la respuesta en razas de tipo carniceras.

En el Cuadro 10 se presentan una serie de trabajos realizados por Standford *et al.* (1995), quienes predijeron el peso de 2 cortes de alto valor comercial (pierna y lomo) a partir de las medidas ultrasónicas: profundidad del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea en el punto C. En este experimento se evaluó a su vez, el comportamiento que presentaban razas de diferente conformación carnicera. El equipo usado fue un Aloka SSD-500 SEM, con una sonda de 2 mhz. Dentro de las razas de tipo carnicero de menor conformación se incluían Romanov y Finn. Mientras que las razas Suffolk, Hampshire Down, Canadian Arcott, Dorset, Texel y Polypay, fueron clasificadas como carniceras de tamaño medio a grande. En tanto que las razas Corriedale y Merino Rambouillet se incluían dentro del tipo lanero.

Cuadro 10. Efecto del tipo racial sobre la predicción del peso de la pierna y del lomo, a partir de la estimación conjunta de profundidad del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea en el punto C medidos por ultrasonido.

Conformación racial	Número de animales	Variable a predecir	R ²
Carnicera media	388	pierna	0.20
		lomo	0.33
Carnicera terminal	508	pierna	0.21
		lomo	0.20
Lanera	144	pierna	0.27
		lomo	0.24
Carnicera chica	126	pierna	0.57
		lomo	0.78

Los resultados del Cuadro 10 sugieren que el tipo de conformación “carnicera chica” asegura una mayor precisión en la estimación de cortes valiosos como la pierna y el lomo.

Gilbert *et al.* (1993) realizando experimentos en bovinos de carne, señalan que la presencia de grasa subcutánea impide predecir con exactitud la composición de la canal, cuando es estimada a partir de medidas ultrasónicas. En este sentido, Standford *et al.* (1995), concluyen que en razas carniceras de menor conformación, los niveles de predicción encontrados pueden explicarse por el bajo espesor de grasa subcutánea propio de las mismas.

En el Cuadro 11 se presentan resultados de diferentes trabajos que utilizaron variables medidas en el animal vivo y en la canal, con el propósito de predecir el peso de la pierna, en la especie caprina y ovina. En todos los casos se utilizó el análisis de regresión stepwise, para detectar diferencias significativas entre las variables analizadas.

Cuadro 11. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos, que estudiaron la predicción del peso de pierna a partir de diferentes variables.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS							
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1996 a)	27	SE	Cabras Blancas Celtibéricas	Toshiba Sonolayer Sal 32-B (5 mhz)	3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	profundi- dad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.88
					3 ^a -4 ^a vértebra lumbar y	profundi- dad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.91
					2 ^a esternebra	+ espesor de grasa esternal	
					3 ^a -4 ^a y 5 ^a -6 ^a vértebra lumbar y 2 ^a esternebra	profundi- dad del músculo <i>L. dorsi</i> + espesor de grasa esternal	0.92
EXPERIMENTOS EN OVINOS							
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Shelton <i>et al.</i> (1977)	102	SE	Churra Galega Bragan- cana	Scano- gram	12 ^a -13 ^a costilla	área del ojo del bife	0.52

Cuadro 11. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos, que estudiaron la predicción del peso de pierna a partir de diferentes variables. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R²
Cadávez <i>et al.</i> (1999 b)	60	20.1	Churra Galega Bragan- cana	Aloka SSD- 500V (5 mhz)	3 ^a vértebra lumbar	peso vivo	0.97
						peso vivo + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.97
					1 ^a vértebra lumbar	peso de canal caliente	0.97
						peso de canal caliente + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.98
					1 ^a vértebra lumbar y 4 ^a esternebra	espesor de grasa subcutánea en el punto C + grasa esternal + peso de canal caliente	0.99
						peso vivo	0.98
					12 ^a costilla	peso vivo + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.99
						peso de canal caliente	0.97

Cuadro 11. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos, que estudiaron la predicción del peso de pierna a partir de diferentes variables. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
				Aloka SSD-500V (7,5 mhz)	1ª vértebra lumbar	peso de la canal caliente + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.98
					1ª vértebra lumbar y 3ª esternebra	espesor de grasa subcutánea en el punto C + grasa esternal + peso de la canal caliente	0.99
Cadávez <i>et al.</i> (1999 a); (1999 d)	40	19.6	Churra Galega Bragancana	Aloka SSD-500V (5 mhz)	3ª vértebra lumbar	peso vivo	0.89
						peso vivo + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.91
						peso de la canal caliente	0.98
					1ª vértebra lumbar	peso de la canal caliente + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.98
						peso vivo	0.89

Cuadro 11. Resumen de experimentos realizados en ovinos y caprinos, que estudiaron la predicción del peso de pierna a partir de diferentes variables. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
				Aloka SSD-500V (7.5 mhz)	3 ^a vértebra lumbar	peso vivo + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.93
						peso de la canal caliente	0.97
					1 ^a vértebra lumbar	peso de la canal caliente + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.98
					1 ^a vértebra lumbar y 3 ^a vértebra lumbar	espesor de grasa subcutánea en el punto C + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i> + peso de la canal caliente	0.99
San Julián <i>et al.</i> (2002)	262	37	Corriedale	SE	12 ^a -13 ^a costilla	área del ojo del bife	0.59

SE : sin especificar

En la mayoría de los trabajos que se presentan en el Cuadro 11 e independientemente de la especie, los resultados son muy elevados, reportándose R^2 mínimos de 0.52.

A pesar que los resultados del experimento de Standford *et al.* (1995), sugieren que en ovinos las medidas realizadas por ultrasonido no predicen con elevada precisión el peso de la pierna (a excepción de aquellas realizadas en las razas de tipo carniceras chicas), los resultados de los experimentos de Shelton *et al.* (1977); Delfa *et al.* (1996 a); Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 b) y (1999 d) y San Julián *et al.* (2002), demuestran que en la especie caprina y ovina, se pueden lograr altos niveles de predicción para la variable peso de la pierna.

Las estimaciones realizadas a partir de las medidas del área del ojo del bife, fueron las que obtuvieron menor valor predictivo ($R^2 = 0.52$, Shelton *et al.* 1977, a 0.59, San Julian *et al.* 2002). Mientras que la inclusión del peso vivo en el modelo de predicción explicó entre el 0,89 y el 0,98 % de la variación del peso de la pierna. No obstante, la inclusión de las medidas de ultrasonido provocó una mejora en la predicción de la estimación, que se tradujo en un aumento del R^2 entre un 0,3 a 3 %. Estas medidas, a su vez, provocaron una reducción del desvío estándar residual del orden del 4,9 a 40%. Una situación similar, se registró a partir de la medición del peso de canal caliente en las ecuaciones de predicción.

Con respecto a la utilización de diferentes tipos de sondas, Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 c) y (1999 d), no obtuvieron diferencias significativas en la estimación del peso de las piezas de carnicería utilizando un mismo equipo con 2 tipos de sondas de diferente frecuencia (5 y 7.5 mhz).

En el Cuadro 12 se presentan los resultados obtenidos en trabajos extranjeros que predijeron el total de músculo de la canal a partir de medidas realizadas *in vivo* y *post-mortem* en ovinos y caprinos. Las

asociaciones entre las diferentes variables de predicción y el músculo total de la canal, fueron realizadas a partir del análisis de regresión Stepwise.

Cuadro 12. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras de la cantidad de músculo total en la canal.

EXPERIMENTOS EN CAPRINOS							
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sito de medición	Variable de predicción	R²
Delfa <i>et al.</i> (1995 a)	27	SE	Cabras Blancas Celtibéricas	Toshiba Sonolayer Sal 32-B (5 mhz)	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.81
						profundidad del músculo <i>L. dorsi</i> + espesor de grasa subcu- tánea en el punto C	0.86
Delfa <i>et al.</i> (1995 b)	19	SE	Cabras Blancas Celtibéricas	Toshiba Sonolayer Sal 32-B (5 mhz)	5 ^a -6 ^a vértebra lumbar	profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.92
Delfa <i>et al.</i> (1997 b)	10	28.5	Cabritos de Angora	Toshiba Sonolayer Sal 32-B (5 mhz)	1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.76
						profundidad del músculo <i>L. dorsi</i> + espesor de grasa subcu- tánea en el punto C	0.91

Cuadro 12. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras de la cantidad de músculo total en la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Síto de medición	Variable de predicción	R ²
					1 ^a -2 ^a vértebra lumbar	profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.97
					1 ^a -2 ^o y 3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	+ espesor de grasa subcutánea en el punto C	
EXPERIMENTOS EN OVINOS							
Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Síto de medición	Variable de predicción	R ²
Shelton <i>et al.</i> (1977)	102	SE	Rambouillet	Scano-gram	12 ^a -13 ^a costilla	espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.33
						área del ojo del bife	0.58
Delfa <i>et al.</i> (1991)	14	SE	Rasa Aragonesa	Toshiba Sonolayer Sal-32B (5 mhz)		peso de la canal fría	0.77
					3 ^a -4 ^a vértebra lumbar	peso de la canal fría + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.77

Cuadro 12. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras de la cantidad de músculo total en la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
						peso de la canal fría + espesor de grasa subcutánea en el punto C	0.81
						peso de la canal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + profundidad del músculo <i>L. dorsi</i>	0.81
						peso de la canal fría + (canal)	0.87
						peso de la canal fría + espesor de grasa subcutánea en el punto C (canal) + espesor de grasa subcutánea en el punto C (<i>in vivo</i>)	0.90

Cuadro 12. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras de la cantidad de músculo total en la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
Delfa <i>et al.</i> (1995 d)	29	21.4	Rasa Aragonesa	SE		peso vivo	0.21
					4 ^a vértebra lumbar	peso vivo + espesor de grasa subcu- tánea en el punto C	0.39
Cadávez <i>et al.</i> (2000 a); (2000 b)	47	20	Churra Gallega Bragancana y Suffolk	Aloka SSD- 500V (7.5 mhz)	2 ^a esternebra	espesor de grasa esternal	0.50
					2 ^a esternebra	espesor de grasa esternal	0.60
					12 ^a costilla	+ espesor de grasa subcutánea en el punto C	
						espesor de grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso de la canal caliente	0.67

Cuadro 12. Resumen de experimentos de ovinos y caprinos que estudiaron distintas variables predictoras de la cantidad de músculo total en la canal. (Cont.)

Autor	Número de animales	Peso vivo (kg)	Raza	Equipo	Sitio de medición	Variable de predicción	R ²
						espesor de grasa esternal + espesor de grasa subcutánea en el punto C + peso vivo	0.68

SE : sin especificar

Los resultados obtenidos sugieren que las medidas ultrasónicas son buenas predictoras del músculo total de la canal, independientemente de la raza evaluada. A partir de medidas de profundidad de músculo tomadas en diferentes posiciones de la región lumbar, se obtuvieron valores de coeficientes de determinación del orden de 0,76 a 0,92. Estas predicciones se mejoraron entre un 5-21 %, al adicionársele las medidas del punto C entre la 1°-2° y 3°-4° vértebra lumbar. A su vez, se obtuvo una marcada disminución en el desvío estándar residual de un 11,7 % a un 55 %. En estos experimentos, los valores del coeficiente de determinación y del desvío estándar residual, sugieren que las medidas tomadas en el animal vivo a partir del ultrasonido, son buenas predictoras de la composición de la canal. Demostrándose así, el potencial predictivo que tienen las medidas ultrasónicas de tiempo real, en las estimaciones de músculo (Delfa *et al.*, 1997 b). Esto concuerda con lo señalado por Standford *et al.*, (1995), en el sentido que el ultrasonido en tiempo real, puede ser útil en la selección de caprinos con el fin de mejorar su masa muscular.

Shelton *et al.* (1977); Jones *et al.* (1982); Kempster *et al.* (1982 b), señalan que el peso vivo es la medida más importante para predecir el peso de carne de la canal. Sin embargo, Delfa *et al.* (1995 d), indican que esta medida no permite estimar con precisión el contenido de músculo total de la canal, encontrando que es posible mejorar la predicción en 18 puntos porcentuales, incorporando medidas ultrasónicas del punto C, tomadas en la región lumbar. De todas formas, el valor que estos autores obtienen, no alcanza a superar coeficientes de determinación mayores a 0,4; sugiriendo que la combinación de estas medidas, con el fin de estimar el peso de músculo de la canal, sea cuestionable. Por otro lado, Cadávez *et al.* (2000 a) y (2000 b), señalan que predicciones mayores pueden ser logradas a partir del espesor de grasa externa ($R^2 = 0,5$). En estos últimos trabajos se obtuvieron incrementos de 10 puntos porcentuales en la predicción incorporando medidas del punto C por ultrasonido; y aumentos de 8,5 puntos porcentuales si a ambas mediciones se les adicionaban el peso vivo o de canal caliente.

De todas formas las mejores estimaciones de músculo total de la canal fueron obtenidas por Delfa *et al.* (1991). Estos autores reportan un coeficiente de determinación de 0,77 a partir del peso de canal fría. Estos valores pueden verse incrementados un 5 %, al asociarlos con medidas ultrasónicas de espesor de grasa, y un 12 % cuando se le adicionan medidas de espesor de grasa tomadas en la canal. De esta manera, y con las tres variables asociadas (peso de la canal fría, punto C *in vivo* y en la canal); los autores reportan coeficientes de determinación iguales a 0,9 (Cuadro 12).

Una posible variable que puede estar influyendo sobre las predicciones del total de músculo de la canal a partir de las medidas ultrasónicas, es el sexo. En el experimento realizado por Wolf *et al.* (2001), se comprobó que, a pesar que los machos presentaban mayor peso del músculo, frente a hembras contemporáneas, no existían diferencias entre ellos en la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* (ya sea medido en la canal o por ultrasonido). Según estos autores, las hembras presentan un cuerpo más corto y menos ancho que los machos. Por lo tanto, en

estimaciones de peso de músculo total de la canal a partir de medidas ultrasónicas de profundidad (o inclusive de área del músculo), en donde el sexo del animal evaluado no sea considerado, es posible que se cometan errores en las predicciones.

A su vez los resultados del experimento de Kempster *et al.* (1982 a), determinaron que el sitio que permite obtener la mayor correlación entre medidas ultrasónicas del área del ojo del bife y de la canal (12^a-13^a costilla), difiere del que se requiere para estimar el músculo total de la canal a partir de ecuaciones de predicción (3^a vértebra lumbar). De esta forma, los autores concluyen que, sería incorrecto definir el mejor sitio de medición para estimar la composición de la canal, a partir del mejor sitio para estimar el área del *Longissimus dorsi*.

En síntesis, del análisis del Cuadro 12 se puede inferir que las medidas ultrasónicas realizadas “*in vivo*” permiten estimar con elevada precisión el peso de músculo de la canal de caprinos. En ovinos, los mayores niveles de predicción se lograrían a partir del peso de la canal fría. Este tipo de mediciones, tiene como desventaja que sólo nos permite estimar la composición de la canal una vez que el animal es sacrificado. De todas formas y según Cadávez *et al.* (2000 b), el desarrollo de ecuaciones de predicción, teniendo como variables independientes las medidas de ultrasonido realizadas *in vivo* y el peso de la canal caliente, pueden tener aplicabilidad en la clasificación comercial de corderos a nivel de los mataderos industriales.

2.4 EFECTO DE LOS OPERADORES EN LA TOMA DE REGISTROS ULTRASONICOS.

El efecto de los operadores en la toma de las mediciones es una fuente de variación que influye, en mayor o menor grado, en todos los registros ultrasonográficos. Las restantes fuentes de variación, fueron discutidas y analizadas previamente.

Las medidas realizadas con equipos de ultrasonido pueden ser influenciadas por varios factores, entre los que se destacan la idoneidad del operador. Esto puede afectar seriamente la exactitud y precisión de las mediciones realizadas en el animal vivo respecto a la medición en la canal. (Grignola *et al.* 2000).

Por estas razones, el entrenamiento de los técnicos, y su experiencia, son puntos críticos para una apropiada colecta e interpretación de imágenes si se desea obtener medidas precisas y exactas. (Gimeno *et al.*, 2003). Herring *et al.* (1994) reportaron una interacción importante entre máquina-sistema y técnico para área de ojo de bife y espesor de grasa en vacunos, a su vez señalan que las dos fuentes principales de error cometidas por el operario son la adquisición de las imágenes y su interpretación.

En países donde el ultrasonido ya ha sido incorporado como herramienta para el mejoramiento genético, el manejo animal o la comercialización, se han establecido protocolos y planes de certificación de operarios que garantizan la correcta utilización de la técnica (Grignola *et al.*, 2000). Como ejemplos, se puede citar en Estados Unidos la Beef Improvement Federation (BIF) y la National Swine Improvement Federation (NSIF). Estos organismos son responsables de desarrollar, mantener y gobernar el protocolo técnico-profesional y los estándares para la certificación de técnicos en composición corporal mediante ultrasonido. Con la misma finalidad, el LAMBPLAN en Australia, tiene técnicos

acreditados para realizar evaluaciones en ovinos. Para lograr esta acreditación es necesario pasar determinados niveles y una prueba teórica y práctica. Estos requisitos ayudan a desarrollar y estandarizar buenos técnicos (Grignola *et al.*, 2000; Gimeno *et al.*, 2003).

En la actualidad, a nivel nacional, no existe un programa de certificación y registros de operadores, a pesar que éste se hace imprescindible para garantizar la calidad e idoneidad de quien realiza las tomas de las medidas (Bianchi *et al.*, 2003). Según Grignola *et al.* (2000), la puesta en marcha de este programa requiere de una serie de pasos a seguir:

- Definición de un protocolo para la utilización de la técnica
- Entrenamiento de técnicos
- Validación de la técnica para nuestras razas ovinas y condiciones

Con el motivo de evaluar la precisión y exactitud de diferentes operadores en las mediciones de área del ojo del bife de corderos pesados, Gimeno *et al.* (2003), realizaron un experimento que consistió en comparar el desempeño en la adquisición e interpretación de imágenes ecográficas de tres técnicos. Dos de ellos no tenían experiencia previa (técnicos A y B) y el restante (C), tenía cierta experiencia, por tal motivo un ecografista profesional entrenó a los tres técnicos un día previo a la prueba. Los resultados obtenidos en este experimento se presentan en el Cuadro 13.

Cuadro 13. Resumen del experimento realizado por Gimeno *et al.* (2003), donde se estudió la asociación entre las mediciones ultrasónicas por parte de 3 operadores diferentes (A, B y C), y de la canal (realizada por los operadores 1 y 2).

Técnicos	A		B		C	
	1	2	1	2	1	2
Medición en la canal	1	2	1	2	1	2
Correlación	0.7	0.62	0.67	0.69	0.76	0.67
Sesgo (cm)	-2.4	-2.38	-1.1	-1.0	-0.9	-0.8
Error estándar (cm ²)	1.8	1.95	1.96	1.82	1.52	1.98

El operador C fue el que presentó mayores correlaciones, además de tener los menores sesgos, lo que evidencia la experiencia previa del operador. El técnico A, a pesar de obtener correlaciones altas, consistentemente subestimó el área, trazando áreas menores a las reales. En cambio, el operador B presentó sesgos menores y correlaciones menores. Estos resultados demuestran que un técnico puede presentar registros altos de correlación, pero con valores de área de ojo del bife menores que la canal. Esto puede estar dado por la calidad de la imagen adquirida y su interpretación (Gimeno *et al.*, 2003).

A partir de este trabajo se concluye que el entrenamiento y la experiencia de los técnicos es importante para lograr mediciones ultrasonográficas de tiempo real precisas y exactas que permitan la realización de estimaciones confiables. Para su uso en evaluaciones genéticas, además sería necesario determinar los niveles mínimos de aceptación de los distintos estadísticos, tal como lo estipulan los protocolos usados en otros países (Gimeno *et al.*, 2003).

2.5 CONSIDERACIONES GENERALES

Dentro de las tecnologías disponibles para la mejora del producto carne ovina, la mejora genética se constituye en un método permanente y acumulativo, lo que la hace una técnica eficiente y segura. Esta tecnología presenta la ventaja adicional, de que es aceptada por los consumidores en los principales mercados y permite que mantenga el status de producto natural.

La técnica del ultrasonido es una herramienta objetiva de gran utilidad en la producción ovina, ya que a partir de ésta, es posible medir características de interés productivo con el fin de realizar una posterior selección de aquellos animales que mejor se adapten a nuestros objetivos productivos. La aceptable heredabilidad que presentan ciertas características de músculo y grasa, permiten que el ultrasonido pueda ser utilizado en programas de mejoramiento genético, obteniéndose buenos resultados en países donde ésta técnica ya ha sido implementada.

Para asegurar una buena correlación entre medidas ultrasónicas y de la canal, así como también una aceptable estimación de las características musculares y de engrasamiento del animal a partir de medidas ultrasónicas, hay ciertas condiciones que deben ser tenidas en cuenta. Entre ellas se destacan: la utilización de una sonda adecuada junto con la guía acústica; conocer el mejor sitio de medición para cada característica evaluada; un largo de mecha que permita la separación de la fibra, facilitando así, el contacto de la sonda con la piel; y, el entrenamiento previo en la toma de medidas y su posterior interpretación por parte del operador.

A nivel nacional y extranjero se comprobó que es posible obtener aceptables asociaciones entre las medidas ultrasónicas de músculo (área y profundidad del *Longissimus dorsi*) y espesor de grasa subcutánea, con las medidas realizadas en la canal. Para el caso de las asociaciones de ancho de

músculo realizado por ultrasonido y en la canal, los diferentes experimentos mostraron resultados variables, los que hacen que ésta medida sea poco confiable.

Diversos son los factores que pueden estar determinando la exactitud de las asociaciones establecidas entre las medidas ultrasónicas y de la canal. Entre los factores más destacados que afectan las asociaciones entre el área del ojo de bife medido *in vivo* y en la canal se pueden señalar: tipo de equipo usado; uso de transductores chicos, impidiendo observar la imagen del músculo en su totalidad; errores en las mediciones *post-mortem* debido a las condiciones a que es sometida la canal (frío, desangrado, etc.).

En lo que respecta a los factores que afectan las asociaciones de profundidad del músculo *in vivo* y en la canal, se destacan: el sitio de medición, encontrándose que el más apropiado es entre la 12^a-13^a costilla; razas, y el congelamiento de la canal, que incrementa ésta medida en un 10 %. Por último, las asociaciones de ancho de músculo *in vivo* y en la canal pueden verse afectadas por: baja definición lateral de la sonda; tamaño de sonda, ya que a menor tamaño, causa mayores errores en las estimaciones; y congelamiento de la canal, que reduce el ancho en un 8%.

Entre los factores que afectan las asociaciones del espesor de grasa subcutánea medido ultrasónicamente y en la canal, se pueden señalar los siguientes: sitio de medida, lográndose los mayores valores cuando las medidas se realizaron a nivel de la 12^a-13^a costilla; distancia en que se toman las medidas, estableciéndose el óptimo a 4 cm de la línea media de la columna vertebral; nivel de engrasamiento, el que determina el equipo a utilizar (Modo A o B) y la exactitud de las estimaciones; sexo, hembras (mayor engrasamiento) lograron mayores valores que machos criptórquidos (menor engrasamiento); especie, los ovinos presentaron un mayor rango de variación y mayores asociaciones que caprinos; cambios que pueden ocurrir en el frigorífico, por alteración de la capa de grasa.

El punto GR y el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido, parecen ser buenos indicadores del contenido de grasa total de la canal, siendo útil en determinar el grado de terminación de las canales ovinas, en particular en diferenciar aquellas canales que presentan similar peso vivo y estado corporal. Además, el punto C medido ultrasónicamente, predice con niveles medios-altos el contenido de grasa subcutánea de la canal en ovinos y caprinos.

El peso vivo demostró es un pobre estimador del rendimiento de carne vendible, mientras que las medidas ultrasónicas de profundidad de músculo y espesor de grasa subcutánea presentan estimaciones medias-altas tanto en ovinos como en caprinos. Por otro lado, y en ovinos, los mayores niveles de predicción del rendimiento de carne, se logran a partir del peso de la canal fría .

Los cortes vendibles presentaron los más altos coeficientes de determinación cuando estos fueron asociados ya sea a partir de las medidas ultrasónicas del área del músculo o las de espesor de grasa subcutánea. El peso de lomo presentó coeficientes de determinación medios cuando éste fue precedido a través de la estimación conjunta de las medidas ultrasónicas de profundidad de músculo y espesor de grasa subcutánea. Mientras que la predicción del peso de pierna arrojó valores medios cuando se estimó a partir del área del ojo del bife, y valores altos cuando se estimó a partir del peso vivo o el peso de la canal caliente.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 LOCALIZACIÓN Y PERÍODO EXPERIMENTAL

El trabajo se llevó a cabo en las instalaciones de las 2 Centrales de Prueba de Progenie de la Raza Corriedale: “La Tapera” y “El Tornero”, en el campo de la Estación Experimental “Dr. Mario A. Cassinoni” de la Facultad de Agronomía y en establecimientos comerciales colaboradores de la Institución en general y del Grupo Técnico de Ovinos y Lanasy de Paysandú, en particular. El período experimental fue de febrero de 2002 a marzo de 2003.

3.2 ANIMALES

Se utilizaron 722 corderos machos (enteros, criptórquidos; Hudson *et al.*, 1968, y castrados) y hembras de la raza Corriedale, Ile de France x Merino Australiano y Southdown x (Texel x Corriedale), (Ile de France x Corriedale) ó (Milchschaaf x Corriedale), sacrificados con una edad promedio de 271 ± 103 días y contemplando una de las modalidades de producción de corderos más importantes del país: “cordero pesado”.

3.3 MEDIDAS EN LOS ANIMALES

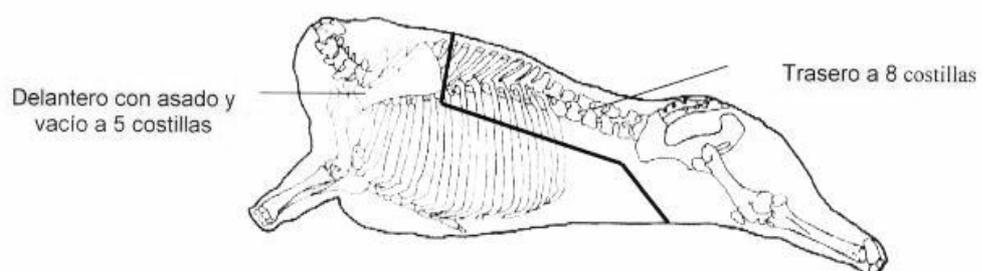
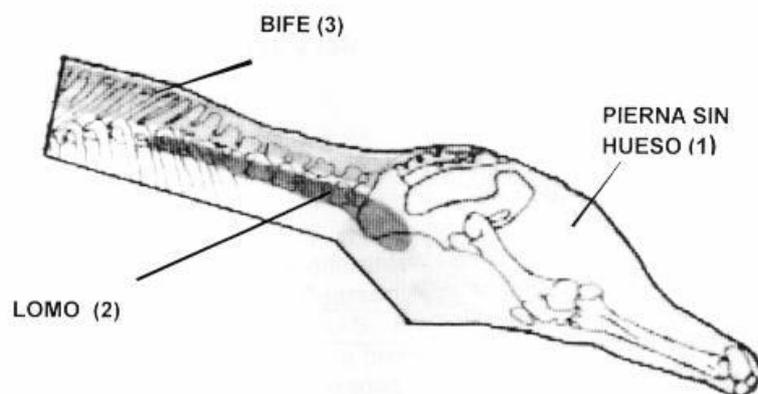
Cuando los animales alcanzaron el peso de sacrificio y el estado corporal requerido para el tipo comercial: “cordero pesado” se midió por ultrasonografía el espesor de grasa subcutánea, el área, la profundidad y el ancho del músculo *Longissimus dorsi* en el espacio intercostal entre la 12ª y 13ª costilla. Se utilizó un equipo Pie Medical, Scanner 200 con una frecuencia de 3.5 Mhz. Paralelamente se determinó el grado de terminación de los corderos recurriéndose a la escala de estado corporal de 6 puntos

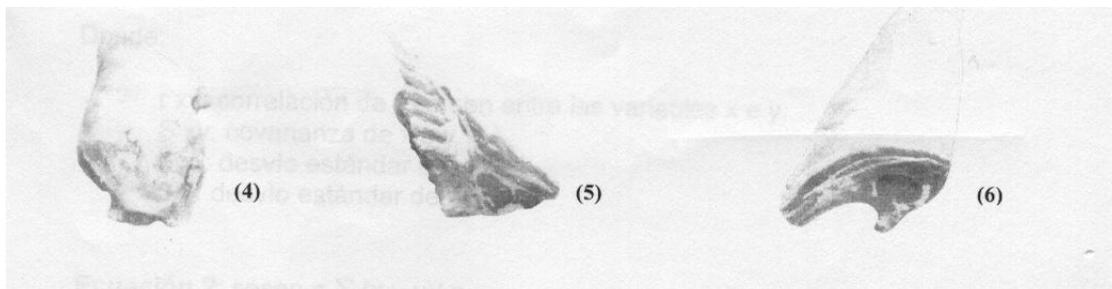
propuesta por Jefferies (1961); adaptada por Russel *et al.* (1969). Posteriormente se pesaron los animales y se procedió a su traslado hasta el punto de sacrificio.

Los sacrificios se realizaron en el Frigorífico Casa Blanca (Paysandú) y en NIREA S.A (Canelones). Una vez en el matadero y tras 12 horas de espera con acceso al agua, se procedió al sacrificio de los animales siguiendo las pautas estándar para la obtención de cortes de exportación.

Una vez desollados, eviscerados y lavados, se determinó el peso de la canal caliente y tras 24 h a 4°C, se determinó el peso de la canal fría. Las canales fueron tipificadas por conformación carnicera y cobertura de grasa de acuerdo a los criterios propuestos por INAC (1996), contemplando 4 grados para conformación carnicera (1=deficiente, 2=mediano, 3=bueno y 4=sobresaliente) y 3 para engrasamiento de la canal (0=insuficiente, 1=moderado y 2=excesiva grasa de cobertura). El grado de engrasamiento se determinó también objetivamente a través de la profundidad de los tejidos sobre la 12ª costilla a 11 cm de la línea media; punto GR (Kirton y Johnson, 1979). Luego fueron cortadas entre la 12ª y 13ª costilla y mediante acetato se calcó el contorno del músculo *Longissimus dorsi*, registrándose el área, la profundidad y el ancho con papel milimetrado. De la misma forma y mediante calibre se procedió a medir en el músculo largo dorsal la profundidad, el ancho y el espesor de grasa subcutánea.

En la sala de desosado las canales fueron divididas por la mitad siguiendo el eje de la columna vertebral para obtener las dos medias canales. En la media canal derecha se realizó el corte pistola dando origen al trasero y al delantero a 5 costillas con asado y vacío. La Figura 2 ilustra la ubicación de los cortes y las referencias anatómicas respectivas.

CORTE PISTOLA**CORTES SIN HUESO DEL TRASERO**



(1): Pierna con cuadril sin hueso de cadera: su definición.

(2): Lomo: corte sin hueso obtenido separándolo de su base ósea (Ilion y vértebras lumbares) y se compone del músculo *Psoas mayor* y *Psoas menor*.

(3): Bife: corte sin hueso obtenido de la región dorso-lumbar. Su base ósea abarca de la 6ª vértebra dorsal hasta las vértebras lumbares.

(4): Pierna con hueso y cuadril sin hueso cadera: a partir de un corte longitudinal por columna vertebral, se corta transversalmente a través de la 6ª vértebra lumbar inmediatamente detrás de la porción craneal Ilion. Se remueven los huesos Ilion y vértebras coccígeas, por articulación femoral.

(5): French rack: corte con hueso a partir de un corte paralelo a la espina dorsal, a 10 cm del ojo del bife. La base ósea abarca las vértebras torácicas y las costillas correspondientes desde la 5ª a la 13ª. Los músculos intercostales son removidos en el extremo distal.

(6): Carré 8 costillas: se obtiene una vez separado el delantero a 5 costillas y la pierna, seguidamente se lo separa del asado en un corte paralelo al eje de la pierna y a una distancia de 10 cm del ojo del bife.

Figura 2. Diagrama de cortes y referencias anatómicas.

3.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La asociación entre las diferentes variables fue analizada a través del coeficiente de correlación de Pearson (Ecuación 1) (Proc. Corr. del paquete estadístico SAS, versión 8.0; SAS, Institute Inc. 1998). Adicionalmente se calculó el sesgo como la diferencia promedio entre las mediciones del área del músculo *Longissimus dorsi* realizadas *in vivo* (mediante ultrasonido) y en la canal (Ecuación 2). Asimismo se estimó el error estándar de la predicción, con el propósito de observar su variabilidad (Ecuación 3).

Ecuación 1: $r_{xy} = S_{xy}/S_x * S_y$

Donde:

- r_{xy} : correlación de Pearson entre las variables x e y.
- S_{xy} : covarianza de x e y.
- S_x : desvío estándar de x.
- S_y : desvío estándar de y.

Ecuación 2: $\text{sesgo} = \sum (x - y)/ n$

Donde:

- n: número de observaciones.
- x: predicción de la característica.
- y: valor medido de la característica.

Ecuación 3: $\sqrt{\sum (x-y)^2/n-1}$

Donde:

- n: número de observaciones.

- x: predicción de la característica.
- y: valor medido de la característica.

Se ajustaron modelos lineales para la predicción del peso de los cortes valiosos: pierna con y sin hueso, lomo, bife, rack, carré y peso total de los cortes valiosos, a partir de las variables predictivas continuas: mediciones ultrasónicas (área y profundidad del músculo *Longissimus dorsi*) y en la canal (peso de la canal fría y punto GR) y variables predictivas de clasificación: sexo (hembra y macho entero, criptórquido y castrado) y genotipo del cordero (Corriedale puro y cruza: Milchschaf, Ile de France, Texel o Southdown x Corriedale, Ile de France x Merino Australiano y Southdown x (Texel x Corriedale), (Ile de France x Corriedale) ó (Milchschaf x Corriedale). Se seleccionaron aquellos modelos que presentaron mejor poder predictivo ($> R^2$), donde a su vez, sus componentes fueran significativos ($p < 0.05$).

El modelo lineal general fue de la forma:

$$y = u + G + S + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Donde:

- Y: variable dependiente.
- G: genotipo del cordero.
- S: sexo del cordero.
- $\beta_1, \beta_2, \beta_n$: parámetros de las variables continuas.
- X_1, X_2, X_n : variables independientes.
- ε : error aleatorio.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DESCRIPCION DE LAS VARIABLES ANALIZADAS

En el Cuadro 14 se presentan las estadísticas descriptivas para las variables estudiadas en este trabajo, haciendo referencia al total de animales utilizados (corderos puros y cruzas).

Cuadro 14. Estadísticas descriptivas para las variables medidas en animales puros y cruzas.

Variable	Número de observaciones	Media	Desvío estándar (+/-)
Edad a faena (días)	735	271	103.33
Estado corporal a faena (0 a 5)	704	3.62	0.39
Peso canal fría (kg)	689	16.73	2.91
Punto GR (mm)	721	7.95	4.39
Peso de pierna con hueso (kg)	333	2.13	0.41
Peso de rack (kg)	333	0.44	0.12
Peso de carré (kg)	332	0.60	0.15
Peso de pierna sin hueso (kg)	387	1.68	0.24
Peso de bife (kg)	386	0.16	0.05
Peso de lomo (kg)	385	0.09	0.01
Peso de cortes valiosos ¹ (kg)	719	2.53	0.86
Area del ojo del bife por ultrasonido. (cm ²)	697	8.95	1.65
Profundidad del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	697	2.31	0.28
Ancho del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	303	5.36	0.58
Espesor Grasa subcutánea por ultrasonido.(cm)	697	0.35	0.12
Area del ojo del bife en la canal. (cm ²)	634	10.40	1.98
Profundidad <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	385	2.80	0.34
Ancho <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	385	5.40	0.47
Espesor de grasa subcutánea en la canal (cm)	385	0.26	0.17
Profundidad del <i>L. dorsi</i> medido con calibre (cm)	304	2.78	0.38
Escala de tipificación por conformación carnicera	385	2.70	0.71
Escala de tipificación por cobertura de grasa	385	1.11	0.33

¹ Sumatoria de los cortes pierna sin hueso, rack y carré.

En el Cuadro 14 se resume información sobre el número de animales evaluados, comprendiendo genotipos puros y cruza. Estos animales se faenaron en promedio a los 271 días de su nacimiento, con un estado corporal promedio de 3.6 puntos, obteniéndose un peso de canal fría promedio de 16.7 kg, y una profundidad de tejido en el punto GR promedio de 7.9 mm. Si a éstos resultados se los comparan con los rangos óptimos fijados para el punto GR en función del peso de la canal, que se realiza en Australia (Hopkins *et al.*, 1990), éstos indicarían que el grado de engrasamiento que presentaron en promedio los animales al momento de la faena (7.9 mm), se ubicó dentro del rango permitido en dicho país. El experimento realizado a nivel nacional por Montossi *et al.* (2004), reportó niveles de engrasamientos similares, indicando que el promedio de espesor de grasa en el punto GR realizado en corderos pesados y animales adultos, se ubicaba dentro del rango permitido en Nueva Zelanda (6 a 12 mm).

Si se comparan las medias de las mediciones realizadas por ultrasonido con las realizadas en la canal, se observa que para el músculo existe una tendencia generalizada a subestimar las determinaciones realizadas por ultrasonido con respecto a las realizadas en la canal. Mientras que para las medias de espesor de grasa subcutánea sucede a la inversa, ya que se sobreestiman las medidas ultrasónicas. Esta tendencia, evidencia el problema ocurrido al fijar los límites entre el espesor de grasa subcutánea y el músculo *Longissimus dorsi* cuando se realizan medidas ultrasónicas, coincidiendo con lo reportado por Azzarini *et al.* (1999).

En lo que refiere a la escala de tipificación por conformación carnicera, se aprecia que en general, las canales presentaron una buena conformación (2.7), mientras que en la escala de tipificación por cobertura de grasa, se observa que en promedio el engrasamiento de la canal fue moderado (1.1).

En los Cuadros 15 y 16 se presenta la misma información del Cuadro 14, discriminándola por tipo genético.

Cuadro 15. Estadísticos descriptivos para las variables medidas sobre corderos puros de la raza Corriedale.

Variable	Número de observaciones	Media	Desvío estándar (+/-)
Edad a faena (días)	294	377.50	86.76
Estado corporal a faena (0 a 5)	292	3.51	0.39
Peso canal fría (kg)	298	17.06	2.92
Punto GR (mm)	298	7.84	4.94
Peso de pierna con hueso (kg)	57	1.87	0.30
Peso de rack (kg)	57	0.37	0.09
Peso de carré (kg)	56	0.51	0.12
Peso de pierna sin hueso (kg)	241	1.77	0.24
Peso de bife (kg)	240	0.18	0.05
Peso de lomo (kg)	239	0.10	0.01
Peso de cortes valiosos ¹ (kg)	297	2.19	0.42
Area del ojo del bife por ultrasonido. (cm ²)	291	8.52	1.49
Profundidad del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	291	2.27	0.26
Ancho del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	234	5.41	0.58
Espesor Grasa subcutánea por ultrasonido.(cm)	291	0.33	0.12
Area del ojo del bife en la canal. (cm ²)	291	10.43	1.89
Profundidad <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	239	2.79	0.33
Ancho <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	239	5.47	0.45
Espesor de grasa subcutánea en la canal (cm)	239	0.24	0.17
Profundidad del <i>L. dorsi</i> medido con calibre (cm)	234	2.81	0.40
Escala de tipificación por conformación carnicera	241	2.83	0.73
Escala de tipificación por cobertura de grasa	241	1.17	0.40

¹ Sumatoria de los cortes pierna sin hueso, rack y carré.

Cuadro 16. Estadísticos descriptivos para las variables medidas sobre corderos cruzas.

Variable	Número de observaciones	Media	Desvío Estándar (+/-)
Edad a faena (días)	441	200	13.16
Estado corporal a faena (0 a 5)	412	3.69	0.37
Peso canal fría (kg)	391	16.48	2.88
Punto GR (mm)	423	8.03	3.95
Peso de pierna con hueso (kg)	276	2.19	0.41
Peso de rack (kg)	276	0.45	0.12
Peso de carré (kg)	276	0.62	0.15
Peso de pierna sin hueso (kg)	146	1.55	0.19
Peso de bife (kg)	146	0.14	0.03
Peso de lomo (kg)	146	0.08	0.01
Peso de cortes valiosos ¹ (kg)	422	2.77	1.00
Area del ojo del bife por ultrasonido. (cm ²)	406	9.27	1.70
Profundidad del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	406	2.35	0.28
Ancho del <i>L. dorsi</i> por ultrasonido. (cm)	69	5.20	0.56
Espesor Grasa subcutánea por ultrasonido.(cm)	406	0.36	0.12
Area del ojo del bife en la canal. (cm ²)	343	10.37	2.05
Profundidad <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	146	2.80	0.36
Ancho <i>L. dorsi</i> en la canal. (cm)	146	5.29	0.48
Espesor de grasa subcutánea en la canal (cm)	146	0.31	0.16
Profundidad del <i>L. dorsi</i> medido con calibre (cm)	70	2.71	0.32
Escala de tipificación por conformación carnicera	144	2.49	0.61
Escala de tipificación por cobertura de grasa	144	1.00	0.08

¹ Sumatoria de los cortes pierna sin hueso, rack y carré.

4.2 ASOCIACION ENTRE MEDIDAS TOMADAS MEDIANTE ULTRASONIDO Y EN LA CANAL.

La determinación del grado de asociación entre las dimensiones del músculo (área, profundidad y ancho del *Longissimus dorsi*) y espesor grasa subcutánea a partir de medidas ultrasónicas, y en la canal para las condiciones del Uruguay son de particular interés, dada la utilidad de esta información a nivel comercial.

En el Cuadro 17 se presenta el grado de asociación entre las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa subcutánea realizadas por ultrasonido y en la canal, el nivel de significancia y el número de animales evaluados.

Cuadro 17. Asociación entre características del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea medidas por ultrasonido y en la canal en corderos puros y cruza.

ULTRASONIDO					
	dimensiones del <i>Longissimus dorsi</i>	área	ancho	profundidad	espesor de grasa subcutánea
C	área	0.47***	0.64***	0.55***	0.07 ns
		(599)	(303)	(599)	(599)
N	ancho	0.14***	0.58***	0.13**	-0.24***
		(352)	(303)	(352)	(352)
L	profundidad	0.40***	0.30***	0.40***	0 ns
		(352)	(303)	(352)	(352)
	espesor de grasa subcutánea	0.30***	-0.40***	0.23***	0.69***
		(352)	(303)	(352)	(352)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

Se encontraron asociaciones positivas para la mayoría de las variables analizadas, salvo para las asociaciones entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido con el ancho del músculo *Longissimus dorsi* medido en la canal ($r = -0.24$); y entre espesor de grasa subcutánea medida en la canal con ancho del músculo medido por ultrasonido ($r = -0.40$). Los coeficientes de correlación, en general, son medios a excepción de la profundidad y área del músculo medidos por ultrasonido, con el ancho del *Longissimus dorsi* medido en la canal ($r = 0.13 - 0.14$, respectivamente). A su vez, no se encontró asociación entre las medidas de espesor de grasa por ultrasonido con la profundidad y el área del músculo, medidos en la canal ($r = 0$ y 0.07 , respectivamente, Cuadro 17).

Cuando se comparan las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* tomadas por ultrasonido y su homóloga en la canal (diagonal del Cuadro 17), se puede observar que, contrariamente a lo esperado, la mayor asociación ocurre entre las medidas del ancho del músculo, registrándose coeficientes de correlación medios-altos ($r = 0.58$). Estos valores son superiores a los presentados en los experimentos de Mc. Ewan *et al.* (1989), quienes reportaron asociaciones de 0.04 y 0.38 (para razas Coopworth y Romney Marsh, respectivamente), y Hopkins *et al.* (1993), quienes obtienen coeficientes de correlación negativos de 0.15. Una posible causa de esta mayor asociación puede ser la sonda que se utilizó en éste trabajo, la que contaba con un largo de 18 cm, lográndose así una mejor imagen de la región explorada, y la presencia de una guía acústica, que permite un mejor contacto entre el equipo y el animal. Según Binnie *et al.* (1995), estas dos características de la sonda son determinantes para lograr una buena asociación entre medidas de ancho del músculo *in vivo* y en la canal.

Las mediciones del área del músculo medido por ultrasonido y en la canal, presentaron coeficientes de correlación medios ($r = 0.47$), coincidiendo, en general, con los resultados obtenidos en la bibliografía consultada (Mc. Laren *et al.*, 1991; Hopkins *et al.*, 1993). No obstante, cabe destacar que a nivel nacional Castells *et al.* (1998); Bianchi *et al.* (2000); Grignola *et al.* (2000) y Garibotto y Bianchi (2001), han reportado asociaciones algo superiores a las encontradas en el presente trabajo, con coeficientes de correlación que oscilan entre 0.50 y 0.60.

Al igual que para área del músculo, la asociación entre mediciones de profundidad del músculo por ultrasonido y en la canal fueron medias ($r = 0.40$), coincidiendo con los resultados obtenidos por Mc Ewan *et al.* (1989); Hopkins *et al.* (1993) y Cadávez *et al.* (1999 c). Sin embargo, experimentos realizados por Mc Ewan *et al.* (1989); Hopkins *et al.* (1996); Cadávez *et al.* (1999 a, y 1999 c) reportan asociaciones superiores a las encontradas en este trabajo, reportando valores máximos de 0.94 en el experimento realizado por Binnie *et al.* (1995).

Una posible fuente de variación que puede afectar la exactitud entre estas medidas, es el congelado del músculo en la planta frigorífica. Según Fortín *et al.* (1986), el tejido al congelarse tiende a redondearse, provocando una sobreestimación de alrededor de un 10 % con respecto a su valor real.

Por otra parte, cuando se comparan los coeficientes de correlación entre las 3 medidas ultrasónicas realizadas en el *Longissimus dorsi* y el área del ojo del bife medido en la canal, se observa que las medidas ultrasónicas de profundidad y ancho están más correlacionadas con el área del ojo del bife en la canal, que su propia medida realizada por ultrasonido (Cuadro 17). Estos resultados sugieren, que la medida del área del ojo del bife pueda ser predecida a partir de estas dos variables ultrasónicas, con mayor exactitud, que su propia medida tomada por ultrasonido. No obstante, se debe tener en cuenta, la gran variabilidad reportada en la revisión del presente trabajo que mostró la medición del ancho del músculo *Longissimus dorsi* a partir del ultrasonido, determinando que esta medida sea poco confiable en predecir el área del ojo del bife en la canal.

Esta variabilidad se vio reflejada en el experimento realizado por Azzarini *et al.* (1999), quienes al realizar asociaciones entre el área del ojo del bife medido en la canal con el ancho del músculo medido ultrasónicamente, a partir de dos equipos (Toshiba Sal 32-B y Pie Medical 480) y a ambos lados del animal (derecho e izquierdo), reportaron coeficientes de correlación que variaron entre 0.05 y 0.17. Asimismo, cuando se asoció el área del ojo del bife medido en la canal con la profundidad del músculo medido ultrasónicamente, estos autores reportaron coeficientes de correlación que oscilaron entre 0.15 y 0.33.

La información presentada permite inferir que la determinación ultrasónica de la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* es una medida confiable para estimar el área del ojo del bife de la canal, dada la buena asociación que se establece entre ambas variables. A su vez, esta es una

medida de fácil delimitación en la pantalla (en comparación con el área y el ancho del músculo), y cuya determinación es menos engorrosa que la del área del músculo *Longissimus dorsi* (Hopkins *et al.*, 1993), lo que permitiría evaluar los animales con un mayor dinamismo.

Los coeficientes de correlación que se presentan en el Cuadro 17 también señalan que a mayor área del ojo del bife medido ultrasónicamente, los animales tienden a presentar un mayor espesor de grasa subcutánea ($r = 0.30$). Estos resultados coinciden con lo reportado por Cardellino *et al.* (2000), quienes al asociar el área del ojo del bife y el espesor de grasa subcutánea medidos ultrasónicamente, encontraron un coeficiente de correlación de 0.42.

Con respecto a la asociación entre espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y en la canal, se obtuvieron valores elevados ($r = 0.69$). Estos resultados están en concordancia con los reportados en la revisión bibliográfica del presente trabajo (Cuadro 6), cuyos valores en promedio fueron de medios a altos, independientemente del sitio de medición, el equipo utilizado y la raza evaluada. La buena asociación que presenta la medida del espesor de grasa subcutánea de la canal con su homóloga por ultrasonido, resulta de gran utilidad para lograr una estimación precisa y objetiva del nivel de engrasamiento de la canal, permitiendo seleccionar en programas de mejoramiento aquellos animales que mejor se adapten a los objetivos del mejorador.

En los Cuadros 18 y 19 se presentan las asociaciones encontradas para las diferentes dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa registradas por ultrasonido en el animal vivo y su correspondiente medida en la canal, para corderos puros y cruza, respectivamente. Información referente al nivel de significancia entre las variables analizadas y a el número de animales evaluados, completan los resultados presentados.

Cuadro 18. Asociación entre características del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea medidas por ultrasonido y en la canal en corderos puros de la raza Corriedale.

ULTRASONIDO					
	dimensiones del <i>Longissimus dorsi</i>	área	ancho	profundidad	espesor de grasa subcutánea
C	área	0.56***	0.61***	0.57***	-0.06 ns
A		(284)	(234)	(284)	(284)
N	ancho	0.13*	0.55***	0.16**	-0.25***
A		(233)	(234)	(233)	(233)
L	profundidad	0.41***	0.24***	0.45***	-0.03 ns
		(233)	(234)	(233)	(233)
	espesor de grasa subcutánea	0.35***	-0.41***	0.24***	0.70***
		(233)	(234)	(233)	(233)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

Cuadro 19. Asociación entre características del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea medidas por ultrasonido y en la canal en corderos cruzas.

ULTRASONIDO					
	dimensiones del <i>Longissimus dorsi</i>	área	ancho	profundidad	espesor de grasa subcutánea
C	área	0.45***	0.76***	0.55***	0.19***
A		(315)	(69)	(315)	(315)
N	ancho	0.37***	0.64***	0.22***	-0.15 ns
A		(119)	(69)	(119)	(119)
L	profundidad	0.42***	0.54***	0.37***	0.07 ns
		(119)	(69)	(119)	(119)
	espesor de grasa subcutánea	0.04 ns	-0.29**	0.07 ns	0.62***
		(119)	(69)	(119)	(119)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

Los resultados que se presentan en el Cuadro 18, muestran coeficientes de correlación medios entre medidas de área, ancho y profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y su medida homóloga realizada en la canal en corderos Corriedale. Asimismo, las asociaciones entre el espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonido y en la canal, muestran coeficientes de correlación altos ($r = 0.7$). Por otro lado, no se encontró relación entre el espesor de grasa subcutánea medida por ultrasonido y las medidas de área y profundidad del músculo medido en la canal.

Con respecto a los corderos cruzas, en el Cuadro 19 se puede apreciar la elevada asociación entre al ancho del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y el área del ojo del bife medido en la canal ($r = 0.76$). A su vez, el grado de asociación entre la profundidad del músculo tomado en la canal y el ancho medido por ultrasonido, si bien arrojaron valores de correlación menores a 0.76, fueron superiores a los obtenidos en corderos puros ($r = 0.54$ vs. 0.24, respectivamente).

La asociación entre el área del ojo del bife estimada por ultrasonografía y su homóloga en la canal fue media en corderos cruzas y puros ($r = 0.45$ vs. 0.56, respectivamente). Además, en los corderos cruzas no se encontró asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido en la canal y las medidas ultrasónicas de área y profundidad de músculo. En ambos tipos de corderos se encontró una asociación negativa entre el ancho de músculo medido ultrasónicamente y el espesor de grasa de la canal, sin embargo ésta es más elevada en los corderos puros ($r = - 0.41$ vs - 0.29, respectivamente).

La información presentada permite concluir que las medidas ultrasónicas del área, profundidad y ancho del *Longissimus dorsi* presentan asociaciones medias con las diferentes medidas tomadas en la canal.

En el Cuadro 20, se presenta el sesgo entre las medidas del área del *Longissimus dorsi* realizadas por ultrasonido y en la canal, el número de animales evaluados y el error estándar de predicción para corderos puros y cruzas.

Cuadro 20. Estimación del sesgo entre el área del ojo del bife realizada por ultrasonido y en la canal para corderos puros y cruzas.

Corderos	Número de animales	Sesgo (cm²)	Error estándar de predicción (cm²)
Puros y Cruzas	599	-1.42	1.92
Puros	284	-1.91	1.64
Cruzas	315	-0.98	2.05

El sesgo, estima la diferencia promedio entre las mediciones del área del ojo del bife realizadas ultrasónicamente y en la canal, pudiendo ser positivo o negativo. Mientras que el error estándar de predicción se calculó con el fin de observar la variabilidad del sesgo. Si el sesgo es positivo, significa que las medidas ultrasónicas sobreestiman el área real de la canal, por el contrario, si los valores son negativos, las medidas ultrasónicas estarían subestimando el área real. Por lo tanto, cuanto más exacta sea la medición ultrasónica del área con respecto a la de la canal, el valor del sesgo tenderá a ser cero.

Los resultados que se presentan en el Cuadro 20, muestran que las mediciones ultrasónicas tienden a subestimar el área real del ojo del bife en todos los animales, presentando un sesgo negativo de 1.42 cm². Al analizar los resultados por tipo genético, se encontró la misma tendencia, a pesar que el sesgo que presentan los animales puros frente a los cruzas es mayor (-1.91 vs. -0.98, respectivamente). No obstante, la mayor asociación encontrada al medir el área del ojo del bife por ultrasonido y en la canal en los animales puros, determina en éstos, un menor error estándar de predicción (2.05 vs. 1.64 para corderos cruza y puros, respectivamente).

Estos resultados concuerdan con los reportados en otros experimentos nacionales: sesgos negativos de 2.5 cm² (Azzarini *et al.* 1999) y 1.2 cm² (Grignola *et al.* 2000), entre medidas del área del ojo del bife realizado por ultrasonido y en la canal.

4.3 ASOCIACION ENTRE VARIABLES TOMADAS POR ULTRASONIDO EN 2 MOMENTOS DE MEDICION.

En el Cuadro 21 se presenta la asociación entre corderos puros y cruza, junto con el grado de significancia y el número de animales evaluados.

Cuadro 21. Estimaciones realizadas bajo las dos modalidades de producción de corderos más importantes del Uruguay: cordero liviano y cordero pesado.

	Peso vivo 1	Estado corporal 1	Area 1	Profundidad 1	Espesor de grasa 1
Peso vivo 2	0.07* (562)				
Estado corporal 2		0.11 ns (166)			
Area 2			0.27*** (574)		
Profundidad 2				0.17*** (573)	
Espesor de grasa 2					0.01 ns (573)

ns: (P ≥ 0.10); *: (P ≤ 0.10); **: (P ≤ 0.05); ***: (P ≤ 0.01)

() = número de animales

La información presentada en el Cuadro 21 muestra que entre ambos momentos de medición se establece una relación baja a muy baja, y en

algunos casos nula entre las diferentes variables registradas en el animal vivo.

Estos resultados sugieren que, el éxito de las estimaciones en las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y del espesor de grasa subcutánea, a partir de mediciones ultrasónicas estaría dependiendo en gran proporción del tiempo que transcurra entre la toma de las mediciones y el sacrificio de los animales.

4.4 ASOCIACION ENTRE CARACTERISTICAS MEDIBLES EN EL ANIMAL VIVO Y EN LA CANAL.

El establecimiento de asociaciones entre características medibles en el animal vivo y en la canal, es el primer paso para evaluar el producto vendible. En el Cuadro 22, se presenta la asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y el estado corporal con características objetivas y subjetivas de la canal para corderos puros y cruza.

Cuadro 22. Asociación entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido y estado corporal con características objetivas y subjetivas de la canal en corderos puros y cruzas.

		Espesor de grasa subcutánea (canal)	Peso de la canal fría	Punto GR	Escala de tipificación por cobertura de grasa
Corderos puros y cruzas	espesor de grasa subcutánea (ultrasonido)	0.69*** (352)	0.47*** (661)	0.74*** (681)	-0.34*** (351)
	estado corporal	0.53*** (353)	0.42*** (668)	0.56*** (688)	-0.39*** (352)
Corderos puros	espesor de grasa subcutánea (ultrasonido)	0.70*** (233)	0.58*** (291)	0.80*** (291)	-0.33*** (235)
	estado corporal	0.56*** (233)	0.46*** (292)	0.62*** (292)	-0.44*** (235)
Corderos cruzas	espesor de grasa subcutánea (ultrasonido)	0.62*** (119)	0.42*** (370)	0.70*** (390)	
	estado corporal	0.37*** (120)	0.44*** (376)	0.51*** (396)	

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

La mayoría de las asociaciones que se presentan en el Cuadro 22 mostraron coeficientes de correlación de medios a medio-altos, además de un alto grado de significancia, sugiriendo una estrecha relación entre la variables medidas en el animal vivo y las características de la canal.

Con respecto al grado de asociación que presentó el espesor de grasa subcutánea medido en el animal vivo con el punto GR, se observan valores altos, siendo superiores en los animales puros con respecto a los cruza ($r = 0.8$ vs 0.7 , respectivamente). Estos datos concuerdan con lo reportado por

Bianchi *et al.* (2000), quienes encontraron coeficientes de correlación de 0.75 al asociar el espesor de grasa subcutánea *in vivo* con el punto GR. Sin embargo, trabajos realizados por Hopkins *et al.* (1993), reportaron valores menores para dicha asociación ($r = 0.40$).

Con respecto al grado de asociación entre el espesor de grasa medido *in vivo* y la calificación asignada en la planta frigorífica a las canales por engrasamiento, los valores mostraron coeficientes de correlación medios y contrariamente a lo esperado, negativos. Este resultado no concuerda con el experimento realizado por Bianchi *et al.* (2000), quienes al asociar el espesor de grasa subcutánea medido en el animal vivo con la escala de tipificación por cobertura de grasa obtuvieron coeficientes de correlación medios-bajos ($r = 0.27$). De esta forma, se evidencia la carencia que presenta esta escala a la hora de discriminar las canales ovinas por diferente conformación de grasa, acentuándose la necesidad de utilizar métodos de clasificación en matadero que sean eficientes en discriminar canales con diferente grado de engrasamiento.

El estado corporal, a pesar de ser una característica subjetiva, también mostró coeficientes de correlación medios a medios-altos y satisfactorios con las variables de la canal. Las asociaciones que presenta esta variable y el espesor de grasa subcutánea medido en la canal, fueron algo superiores en los genotipos puros. Se destaca la buena relación que esta medida presenta, al asociarse con el punto GR, en especial en los genotipos puros, indicando la capacidad de esta medida en determinar el grado de terminación de los corderos previo a la faena. El uso de esta variable, presenta como ventajas adicionales, la facilidad y velocidad de su determinación.

En síntesis, la medida de cobertura de grasa en la canal que mejor se asocia con la medición de espesor de grasa en el animal vivo, es el punto GR, criterio este último utilizado rutinariamente en los mataderos de los países más importantes en lo que a producción de carne ovina de calidad se

refiere (Australia y Nueva Zelandia). Esto pone de manifiesto el beneficio que puede representar la implementación de la ultrasonografía en el animal vivo como forma de predecir el grado de engrasamiento (Garibotto y Bianchi, 2001). Sin embargo, no debe descartarse el uso del estado corporal para determinar el nivel de engrasamiento de la canal.

En el Cuadro 23 se presentan las asociaciones entre las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* medido en el animal vivo y el estado corporal con el peso de la canal fría y la escala de tipificación por conformación carnicera. Complementariamente se presenta el número de observaciones y el nivel de significancia.

Cuadro 23. Asociación entre las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido y el estado corporal con el peso de la canal fría y la escala de tipificación por conformación carnífera.

		Peso de la canal fría	Escala de tipificación por conformación carnífera
Corderos puros y cruzas	área (ultrasonido)	0.53*** (661)	0.43*** (352)
	profundidad (ultrasonido)	0.55*** (661)	0.36*** (351)
	ancho (ultrasonido)	-0.03 ns (272)	0 ns (300)
	estado corporal	0.42*** (668)	0.38*** (352)
Corderos puros	área (ultrasonido)	0.70*** (291)	0.49*** (235)
	profundidad (ultrasonido)	0.62*** (291)	0.40*** (235)
	ancho (ultrasonido)	-0.13** (234)	-0.12* (234)
	estado corporal	0.46*** (292)	0.48*** (235)
Corderos cruzas	área (ultrasonido)	0.48*** (370)	0.58*** (116)
	profundidad (ultrasonido)	0.53*** (370)	0.52*** (116)
	ancho (ultrasonido)	0.48*** (38)	0.37*** (66)
	estado corporal	0.44*** (376)	0.40*** (117)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

La información presentada en el Cuadro 23 indica que las medidas ultrasónicas presentan una buena relación con el peso de la canal fría, registrándose valores medios-altos independientemente del grupo evaluado. La excepción fue el ancho del músculo, el que presentó coeficientes de correlación muy variables entre grupos. A su vez, el grado de asociación

establecido entre el estado corporal con el peso de la canal fría o la escala de tipificación, fue positivo y medio, y muy similar entre ambas variables, independientemente del grupo analizado.

El grado de asociación establecido entre la valoración por conformación carnicera realizada en frigorífico y las dimensiones del músculo, fue positivo y medio con área ($r = 0.43$ a 0.58), y con profundidad ($r = 0.36$ a 0.52). Estos resultados coinciden con trabajos nacionales realizados por Bianchi *et al.* (2000), los que reportan correlaciones medias entre el área del ojo del bife medido en la canal y la escala de tipificación por conformación carnicera ($r = 0.55$). Sin embargo, experimentos realizados por Standford *et al.* (1995), quienes asociaron las medidas ultrasónicas de área, profundidad y ancho del *Longissimus dorsi*, y espesor de grasa subcutánea con la escala por conformación carnicera que se realiza en Canadá, no encontraron asociación entre estas variables. Estos autores atribuyen sus resultados a la naturaleza subjetiva que presenta la escala de conformación, lo que interfiere con la predicción.

Como contraparte, las medidas ultrasónicas del ancho del *Longissimus dorsi*, presentan asociaciones menores con la escala de tipificación por conformación carnicera ($r = - 0.12$ y 0.37 , para corderos puros y cruza respectivamente).

Del análisis del Cuadro 23 surge que las medidas ultrasónicas de área y profundidad son las que presentan en general las mayores asociaciones con el peso de la canal fría, independientemente del grupo evaluado, mientras que el estado corporal presentó valores algo menores. A su vez, la asociación entre medidas ultrasónicas de área o profundidad y el estado corporal con la escala de tipificación por conformación carnicera presentaron valores medios y muy similares entre sí. Por tal motivo, las medidas ultrasónicas pueden ser utilizadas de manera confiable como un indicador de las características carniceras de la canal en corderos pesados. Nuevamente, el estado corporal mostró ser una medida positiva,

determinando en este caso, con buen nivel de confianza, la nota de conformación asignada a las canales ovinas.

4.5 ASOCIACION ENTRE LAS VARIABLES REGISTRADAS EN EL ANIMAL VIVO Y EN LA CANAL CON EL PRODUCTO VENDIBLE.

En trabajos realizados por de los Campos *et al.* (2002), se determinó que el corte de la canal que tiene mayor valor unitario (precio del corte/kg), es el rack, cuyo precio cuadriplica al del promedio de la canal. Otros cortes de alto valor unitario son el bife y el lomo, sin embargo, la importancia económica de cada corte depende también del porcentaje que éste ocupa en el total del peso de la canal. En este sentido, que el rack y la pierna sin hueso representan en promedio más del 60 % del valor bruto de producción cárnico de una canal estándar.

En el Cuadro 24 se presentan las asociaciones entre diferentes mediciones ultrasónicas y de la canal, y el peso de distintos cortes valiosos, para corderos puros y cruza. Se incluye además, el nivel de significancia entre las variables y el número de animales evaluados.

Cuadro 24. Valores de coeficientes de correlación calculados entre diferentes mediciones ultrasónicas y de la canal (dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea), y el peso de distintos cortes valiosos (pierna, rack y carré ó pierna sin hueso, bife y lomo) en animales puros y cruzas.

	Mediciones del <i>Longissimus dorsi</i> :						Grasa subcutánea	
	área		ancho		profundidad		ultra-sonido	canal
	ultra-sonido	canal	ultra-sonido	canal	ultra-sonido	canal		
Pierna con hueso	0.54 *** (327)	0.81 *** (331)			0.63 *** (327)		0.43 *** (327)	
Rack	0.54 *** (327)	0.61 *** (331)			0.57 *** (327)		0.62 *** (327)	
Carré	0.53 *** (327)	0.66 *** (330)			0.54 *** (327)		0.40 *** (327)	
Pierna sin hueso	0.41 *** (354)	0.45 *** (303)	0.14 ** (303)	0.31 *** (385)	0.31 *** (354)	0.38 *** (385)	0.22 *** (354)	0.20 *** (358)
Bife	0.03 ns (353)	0.48 *** (302)	0.41 *** (302)	0.37 *** (384)	0.05 ns (353)	0.36 *** (384)	-0.24 *** (353)	-0.26 *** (384)
Lomo	0.14 ** (352)	0.47 *** (301)	0.35 *** (301)	0.33 *** (383)	0.09 * (352)	0.30 *** (383)	-0.21 ** (352)	-0.11 ** (383)
Cortes valiosos¹	0.23 *** (681)	0.26 *** (633)	0.23 *** (303)	0.35 *** (385)	0.17 *** (681)	0.41 *** (385)	0.15 *** (681)	0.12 ** (385)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

¹ Integrado por los cortes: pierna con y sin hueso, rack, carré, bife y lomo.

Al comparar las asociaciones entre las medidas ultrasónicas y de la canal, para las diferentes dimensiones del *Longissimus dorsi* con los cortes de mayor valor comercial, se puede apreciar que en general las mediciones

tomadas en la canal, como era de esperarse, son las que obtienen los coeficientes de correlación más elevados.

Los datos presentados en el Cuadro 24 muestran que el área del ojo del bife medido por ultrasonido presenta una asociación media con pierna con hueso, rack, carré y pierna sin hueso.

Experimentos realizados por Shelton *et al.* (1977) y San Julián *et al.* (2002), al asociar el área del ojo del bife medido ultrasónicamente con el peso de pierna con hueso, reportan coeficientes de correlación superiores a los obtenidos en el presente trabajo ($r = 0.72$ y 0.77 , respectivamente). Sin embargo, San Julián *et al.* (2002), al asociar el área del *Longissimus dorsi* medida *in vivo* con pierna sin hueso, reportaron coeficientes de correlación menores a los encontrados en este experimento ($r = 0.21$).

Por otra parte, los bajos niveles de asociación establecidos en el presente trabajo, entre el área del músculo medida *in vivo* y el peso del lomo, son inferiores a los reportados por Shelton *et al.* (1977), quienes registraron para dichas variables valores medios-altos ($r = 0.70$).

Cuando se mide la asociación entre la sumatoria de los cortes valiosos y el área del ojo del bife medido ultrasónicamente o en la canal, se registraron coeficientes de correlación medios-bajos ($r = 0.23$ y 0.26 , respectivamente). Estos resultados son coincidentes con los presentados por Edwards *et al.* (1989), quienes encuentran para dicha asociación un coeficiente de correlación de 0.25 . Sin embargo experimentos presentados por Garibotto y Bianchi (2001), reportaron coeficientes de correlación medios-altos entre el área del ojo del bife medido en la canal y la proporción de cortes valiosos ($r = 0.67$). Resultados aún superiores, fueron registrados por Shelton *et al.* (1977), quienes al asociar el área del *Longissimus dorsi* medida *in vivo* con el peso de los cortes valiosos reportaron un coeficiente de correlación medio-alto ($r = 0.75$).

En lo que respecta a la asociación entre el ancho del músculo medido *in vivo* y en la canal con diferentes cortes valiosos, se registraron valores medios para peso del bife ($r = 0.41$) y lomo ($r = 0.35$), y medios-bajos para peso de pierna sin hueso ($r = 0.14$) y peso total de cortes valiosos ($r = 0.23$).

En lo referente a las asociaciones entre profundidad del músculo realizada por ultrasonido con los diferentes cortes valiosos, ésta es la medida que estima con mayor exactitud el peso de pierna con hueso ($r = 0.63$), rack ($r = 0.57$) y carré ($r = 0.54$). Estos resultados coinciden, en parte, con los resultados de los experimentos de Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 b) y (1999 d), quienes registraron coeficientes de correlación altos ($r = 0.81$ a 0.99) al asociar medidas ultrasónicas de profundidad de músculo y peso de pierna con hueso.

Los coeficientes de correlación reportados entre el espesor de grasa subcutánea medido ultrasónicamente y el peso de los diferentes cortes valiosos, en general, son menores que los obtenidos a partir de las medidas del músculo, a excepción de la asociación que esta medida presentó con el peso del rack ($r = 0.62$). Estos resultados no concuerdan con los presentados por Shelton *et al.* (1977), quienes al asociar el espesor de grasa subcutánea medido ultrasónicamente con el porcentaje del rack, reportan un coeficiente de correlación negativo y medio-bajo ($r = - 0.26$).

Shelton *et al.* (1977), al asociar espesor de grasa medido ultrasónicamente con el peso del lomo, obtuvieron coeficientes de correlación medios-altos ($r = 0.53$). A su vez, cuando estos autores, asocian el espesor de grasa subcutánea por ultrasonido con el peso de pierna con hueso, los coeficientes obtenidos fueron similares a los presentados en este trabajo ($r = 0.51$).

En lo que respecta a la asociación establecida entre el espesor de grasa subcutánea y el peso total de los cortes valiosos, Edwards *et al.* (1989), obtuvieron coeficientes de correlación medios-bajos ($r = 0.25$), similares a los presentados en el Cuadro 24. En tanto que, Shelton *et al.* (1977), reportan coeficientes de correlación medios-altos de 0.55.

En síntesis, la medida ultrasónica de profundidad del músculo *Longissimus dorsi* fue la que arrojó asociaciones mas satisfactoria con el peso de la pierna con hueso, rack y carré; mientras que la medida ultrasónica del ancho es la que mejor se asoció con el peso del bife y lomo. A su vez el área de músculo fue la medida *in vivo* que mejor se asoció con el peso de pierna sin hueso.

En los Cuadros 25 y 26 se presentan las relaciones existentes entre medidas de músculo y espesor de grasa subcutánea tomadas por ultrasonido, las mismas medidas tomadas en la canal y el grado de asociación con los diferentes cortes de alto valor comercial, así como también la sumatoria de los cortes valiosos, para corderos puros y cruza.

Cuadro 25. Coeficientes de correlación calculados entre mediciones ultrasónicas, de las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea y el peso de distintos cortes valiosos, en corderos Corriedale.

	Mediciones ultrasónicas del <i>Longissimus dorsi</i> :			Mediciones ultrasónicas de espesor de grasa subcutánea
	área	ancho	profundidad	
Pierna con hueso	0.60 *** (56)		0.60 *** (56)	0.48 *** (56)
Rack	0.54 *** (56)		0.54 *** (56)	0.66 *** (56)
Carré	0.57 *** (56)		0.52 *** (56)	0.41 *** (56)
Pierna sin hueso	0.58 *** (235)	0 ns (234)	0.50 *** (235)	0.45 *** (235)
Bife	0.11 ns (234)	0.39 *** (233)	0.15 ** (234)	-0.21 *** (234)
Lomo	0.36 *** (233)	0.30 *** (232)	0.35 *** (233)	0.05 ns (233)
Cortes valiosos¹	0.04 ns (291)	0.10 ns (234)	0.06 ns (291)	0.23 *** (291)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

¹ Integrado por los cortes: pierna con y sin hueso, rack, carré, bife y lomo.

Cuadro 26. Coeficientes de correlación calculados entre mediciones ultrasónicas, de las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea y el peso de distintos cortes valiosos, en corderos cruzas.

	Mediciones ultrasónicas del <i>Longissimus dorsi</i> :			Mediciones ultrasónicas de espesor de grasa subcutánea
	área	ancho	profundidad	
Pierna con hueso	0.46 *** (271)		0.58 *** (271)	0.40 *** (271)
Rack	0.48 *** (271)		0.52 *** (271)	0.61 *** (271)
Carré	0.46 *** (271)		0.49 *** (271)	0.38 *** (271)
Pierna sin hueso	0.60 *** (119)	0.51 *** (69)	0.46 *** (119)	0.18 * (119)
Bife	0.28 *** (119)	0.46 *** (69)	0.20 ** (119)	-0.04 ns (119)
Lomo	0.30 *** (119)	0.42 *** (69)	0.15 ns (119)	-0.05 ns (119)
Cortes valiosos¹	0.20 *** (390)	0.54 *** (0.69)	0.14 *** (390)	0.08 ns (390)

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

() = número de animales

¹ Integrado por los cortes: pierna con y sin hueso, rack, carré, bife y lomo.

De forma general, en los Cuadros 25 y 26 se observa que las mejores asociaciones entre características medidas ultrasónicamente y los diferentes cortes valiosos para corderos puros coinciden con las mayores asociaciones de área y profundidad del *Longissimus dorsi*, y del espesor de grasa subcutánea medido *in vivo* y en la canal, para este grupo genotípico

(Cuadros 17 y 18). Mientras que en los corderos cruzas, las mejores asociaciones entre el ancho medido ultrasónicamente y los cortes valiosos, se traduce en las mejores asociaciones reportadas entre ancho del músculo medido *in vivo* y en la canal (Cuadros 17 y 19).

Las diferencias entre genotipos se observan también al comparar el grado de asociación entre el peso total de los cortes valiosos con las medidas ultrasónicas.

Al determinar la variable ultrasónica que obtiene mayor asociación con el peso total de los cortes valiosos, se encontró que en corderos puros los mejores valores se logran a partir de medidas de espesor de grasa subcutánea ($r = 0.23$). Sin embargo, en los corderos cruzas, la variable ultrasónica con mayor asociación fue el ancho del *Longissimus dorsi* ($r = 0.54$). Estos resultados indican que la asociación entre el peso de los cortes valiosos y las medidas ultrasónicas varía según el genotipo evaluado, encontrándose resultados contrastantes para ambos grupos de animales.

En síntesis, el grado de engrasamiento de los corderos, en éste caso, determinado por el genotipo, es un factor que afecta el grado de asociación entre las medidas ultrasónicas y el peso de los diferentes cortes valiosos.

4.6 MODELOS DE PREDICCIÓN DE CORTES VALIOSOS

En el Cuadro 27 se presentan diferentes ecuaciones de predicción del peso de la pierna con hueso, a partir de variables medidas ultrasónicamente (área o profundidad del *Longissimus dorsi*), y otras realizadas en la canal (punto GR y peso de la canal fría). El sexo y el genotipo del cordero también fueron considerados en varias de estas ecuaciones. Junto a cada variable analizada se presenta el nivel de significancia y los coeficientes de determinación propios de cada ecuación.

Cuadro 27. Ecuaciones de predicción del peso de pierna con hueso a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R ²
$Y = 1.17^{***} + 0.11 A^{***}$	0.29
$Y = \text{Genotipo}^* + 0.103 A^{***}$	0.29
$Y = 1.1^{***} + 0.09 A^{***} + 0.027 \text{GR}^{***}$	0.34
$Y = 0.123^{***} - 0.0023 A \text{ (ns)} + 0.125 \text{PCF}^{***}$	0.92
$Y = 0.107^{***} - 0.001 A \text{ (ns)} - 0.01 \text{GR}^{***} + 0.13 \text{PCF}$	0.93
$Y = 0.18 \text{ (ns)} + 0.86 b^{***}$	0.40
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.82 b^{***}$	0.45
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.68 b^{***} + 0.04 \text{GR}^{***}$	0.54
$Y = 0.093^* + 0.019 b \text{ (ns)} + 0.12 \text{PCF}^{***}$	0.92
$Y = 0.07 \text{ ns} + 0.026 b \text{ (ns)} - 0.01 \text{GR}^{***} + 0.13 \text{PCF}^{***}$	0.93

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

En el Cuadro 27 se observa que la medida ultrasónica del área del *Longissimus dorsi*, puede predecir el peso de pierna con hueso con un coeficiente de determinación de 0.29, y si se incorpora el genotipo como variable de predicción, este coeficiente no se ve incrementado. Sin

embargo, si a esta medida ultrasónica se le adiciona como variable el punto GR, el coeficiente de determinación aumenta 5 puntos porcentuales, y si a ambas variables, se les incorpora el peso de la canal fría, la ecuación de predicción alcanza un coeficiente de determinación de 0.93.

Con respecto a la medida ultrasónica de profundidad del *Longissimus dorsi*, se observa que a partir de esta única medida, se logra un coeficiente de determinación de 0.40. La incorporación de la variable sexo incrementa el poder predictivo de esta ecuación ($R^2 = 0.45$), y si además se incorpora el punto GR, la ecuación alcanza coeficientes de determinación de 0.54. Cuando a la variable profundidad se la asocia con el peso de la canal fría, se registran coeficientes de determinación elevados ($R^2 = 0.92$).

De esta manera, la estimación del peso de pierna con hueso previo al sacrificio, puede ser predecido con un coeficiente de determinación máximo de 0.45.

La variable que causa un mayor impacto al ser adicionadas a las medidas ultrasónicas es el peso de la canal fría, permitiendo incrementar notoriamente el nivel predictivo de este corte. Similares niveles de predicción fueron reportados por Cadávez *et al.* (1999 a), al estimar el peso de pierna con hueso a partir de la profundidad del músculo medido ultrasónicamente y el peso de la canal caliente ($R^2 = 0.98$). Sin embargo, la mayor exactitud en las estimaciones causada por esta variable implica que el animal deba ser sacrificado para que se realicen las determinaciones.

Según Cadávez *et al.* (1999 a); (1999 b) y (1999 d), otra medida que permite estimar con altos niveles de predicción el peso de pierna con hueso sin recurrir al sacrificio del animal es el peso vivo. Esta medida usada como única variable o asociada a medidas ultrasónicas de profundidad del músculo, obtienen coeficientes de determinación mayores a 0.89.

Experimentos realizados por Stanford *et al.* (1995), quienes predijeron el peso de pierna a partir de las variables ultrasónicas espesor de grasa y profundidad del *Longissimus dorsi*, reportaron coeficientes de determinación de 0.27 para razas laneras, y de 0.21 para razas del tipo carniceras terminal. En los resultados del Cuadro 27, la inclusión de la variable genotipo no contribuyó a una mejora en la exactitud de la predicción. Estos resultados coinciden en parte con los de Stanford *et al.* (1995), ya que los genotipos evaluados, no presentan diferencias significativas.

A partir de los resultados presentados en el Cuadro 27 se pone de manifiesto que las medidas ultrasónicas de área y profundidad del músculo *Longissimus dorsi* muestran coeficientes de determinación medios para estimar el peso de la pierna con hueso. La asociación de una de estas variables y el peso de la canal fría asegura elevados niveles de predicción, similares a los obtenidos en otros experimentos. No obstante, previo al sacrificio, los máximos niveles de predicción de peso de pierna pueden ser logrados a partir de la asociación de las variables profundidad de músculo medido por ultrasonido y el sexo del cordero.

En el Cuadro 28 se presentan ecuaciones para predecir el peso del rack considerándose como variables predictoras las medidas realizadas por ultrasonido y en la canal, y el efecto del sexo, junto con el grado de significancia de cada variable. También se presenta el coeficiente de determinación para cada ecuación de predicción.

Cuadro 28. Ecuaciones de predicción del peso del rack a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R²
$Y = 0.16^{***} + 0.03 A^{***}$	0.29
$Y = \text{Sexo}^* + 0.03 A^{***}$	0.31
$Y = 0.11^{***} + 0.02 A^{***} + 0.02 \text{GR}^{***}$	0.52
$Y = -0.09^{***} + 0.01 A^{***} + 0.03 \text{PCF}^{***}$	0.71
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.003 A^* + 0.03 \text{PCF}^{***}$	0.77
$Y = -0.08^{***} + 0.005 A^{**} + 0.01 \text{GR}^{***} + 0.03 \text{PCF}^{***}$	0.78
$Y = -0.07^* + 0.22 b^{***}$	0.32
$Y = \text{Sexo}^* + 0.22 b^{***}$	0.33
$Y = -0.04 \text{ (ns)} + 0.16 b^{***} + 0.02 \text{GR}^{***}$	0.53
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.15 b^{***} + 0.02 \text{GR}^{***}$	0.55
$Y = -0.10^{***} + 0.02 b \text{ (ns)} + 0.03 \text{PCF}^{***}$	0.71
$Y = \text{Sexo}^{***} - 0.003 b \text{ (ns)} + 0.03 \text{PCF}^{***} + 0.01 \text{GR}^{***}$	0.79

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

En el Cuadro 28 es posible observar que dentro de las ecuaciones de predicción, la medida ultrasónica de área estima el peso del rack con un coeficiente de determinación de 0.29, obteniéndose un leve aumento si se le incorpora la variable sexo. La adición individual de variables de la canal como GR o peso de la canal fría a la medida ultrasónica de área, contribuyeron a mejorar los niveles predictivos de la ecuación, obteniéndose coeficientes de determinación de 0.52 y 0.71, respectivamente. Mientras que, si se tienen en cuenta éstas tres variables en una misma ecuación, se logra los niveles máximos de predicción ($R^2 = 0.79$).

Al emplearse la profundidad del músculo *Longissimus dorsi* medido ultrasónicamente, como variable predictora, es posible estimar el peso del rack con un coeficiente de determinación igual a 0.32. Este coeficiente

puede verse incrementado si en dicha ecuación, se contempla la variable punto GR ($R^2 = 0.53$) o la asociación de ésta y el sexo ($R^2 = 0.55$). Las variables peso de la canal fría junto con la profundidad del músculo logran que la ecuación de predicción alcance altos niveles de significancia ($R^2 = 0.71$), y si a éstas, se les incorporan el sexo y el punto GR el coeficiente de determinación se incrementa a 0.78.

En experimentos nacionales realizados por San Julian *et al.* (2002), quienes incluyen en una misma ecuación diferentes variables predictivas (peso vivo, peso de la canal, área del ojo de bife, estado corporal, sexo y genotipo), con el fin de estimar el peso del rack, obtienen coeficientes de determinación menores a los presentados en el Cuadro 28 ($R^2 = 0.50$). Por otro lado, de los Campos *et al.* (2002), reportan mayor exactitud en la predicción del peso del rack al considerar de forma conjunta las variables peso de la canal caliente, punto GR, sexo y genotipo, logrando coeficientes de determinación de 0.82.

Según de los Campos *et al.* (2002), el rack mantiene una moderada a baja asociación con el punto GR. Una posible causa de ello, radica según estos autores, en que éste corte está compuesto únicamente por músculo y hueso. Así, a medida que el grado de terminación de los animales aumenta es probable que el rendimiento en rack se reduzca, aumentando la importancia relativa del engrasamiento. Estos resultados, no concuerdan con las ecuaciones presentadas en el Cuadro 28, ya que, es notoria la respuesta que sufre el nivel de predicción cuando a las medidas ultrasónicas se las asocia individualmente con el punto GR.

De esta manera, se concluye que las medidas ultrasónicas por si solas no logran predecir con elevada exactitud el peso del rack, siendo necesario en tal sentido la incorporación de variables medidas en la canal. El elevado valor comercial que presenta este corte exige que a futuro se continúen evaluando otras variables de predicción medibles *in vivo*, que permitan un

mayor grado de confiabilidad, con el fin de poder realizar la selección de aquellos animales que presenten un mayor peso del rack.

En el Cuadro 29 se presentan las ecuaciones de predicción para peso del carré, usándose como variables predictoras el área del ojo del bife y la profundidad del *Longissimus dorsi* (medidas ultrasónicamente), junto con el sexo, punto GR y peso de la canal fría. Conjuntamente se presentan el nivel de significancia de cada variable y su coeficiente de determinación.

Cuadro 29. Ecuaciones de predicción del peso del carré a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R ²
$Y = 0.24^{***} + 0.04 A^{***}$	0.28
$Y = \text{Sexo}^{**} + 0.04 A^{***}$	0.30
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.03 A^{***} + 0.013 \text{GR}^{***}$	0.37
$Y = 0.07^{**} + 0.007 A^{**} + 0.04 \text{PCF}^{***}$	0.67
$Y = -0.035 \text{ns} + 0.28 b^{***}$	0.29
$Y = \text{Sexo}^{**} + 0.28 b^{***}$	0.31
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.23 b^{***} + 0.013 \text{GR}^{***}$	0.38
$Y = -0.06 \text{ns} + 0.13 b \text{ns.} + 0.04 \text{PCF}^{***}$	0.66

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

Las ecuaciones presentadas en el Cuadro 29, muestran coeficientes de determinación medios-bajos, cuando se estima el peso del carré a partir de las mediciones ultrasónicas del área o la profundidad del músculo. El efecto que causa la adición del sexo a las variables ultrasónicas, permite un leve aumento en los coeficientes de determinación. A su vez, la incorporación a esta ecuación de una tercer variable (punto GR), provoca un incremento en la exactitud de la predicción en el orden de un 20%. Los máximos niveles

predictivos ($R^2 = 0.67$), se logran cuando la ecuación queda conformada por la medida ultrasónica de área y el peso de la canal fría.

Tanto a nivel nacional como extranjero, no se encontraron ecuaciones de predicción que permita estimar el peso del carré y compararlo con los resultados obtenidos en este trabajo. Sin embargo, se puede concluir que las variables ultrasónicas de área y profundidad asociadas a la variable sexo, permiten estimar con niveles medios de predicción, el peso del carré, debiéndose por tal motivo, asociarse al peso de la canal fría para mejorar el nivel predictivo de las ecuaciones.

El Cuadro 30 presenta información de una serie de ecuaciones para predecir el peso de pierna sin hueso, utilizándose como variables predictoras medidas tomadas en el animal vivo y en la canal, con sus respectivos niveles de significancia. Complementariamente, se presentan los coeficientes de determinación de las ecuaciones de predicción.

Cuadro 30. Ecuaciones de predicción del peso de pierna sin hueso a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R²
$Y = 0.97^{***} + 0.08 A^{***}$	0.16
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.08 A^{***}$	0.32
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.11 A^{***}$	0.46
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.09 A^{***} + 0.011 \text{GR}^{***}$	0.50
$Y = 0.24^{***} + 0.011 A \text{ ns.} + 0.08 \text{PCF}^{***}$	0.70
$Y = 0.101 \text{ ns} + 0.013 A^{**} - 0.04 \text{GR}^{***} + 0.09 \text{PCF}^{***}$	0.73
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.033 A^{***} + 0.068 \text{PCF}^{***}$	0.75
$Y = 0.96^{***} + 0.31 b^{***}$	0.10
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.35 b^{***}$	0.27
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.45 b^{***}$	0.36
$Y = \text{Sexo}^{***} + \text{Genotipo}^{***} + 0.45 b^{***}$	0.39
$Y = \text{Sexo}^{***} + \text{Genotipo}^{***} + 0.36 b^{***} + 0.016 \text{GR}^{***}$	0.48
$Y = 0.24^{***} + 0.027 b \text{ ns} + 0.081 \text{PCF}^{***}$	0.70
$Y = 0.105 \text{ ns} + 0.037 b \text{ ns} + 0.02 \text{PCF}^{***} - 0.01 \text{GR}^{***}$	0.73
$Y = \text{Sexo}^{***} + \text{Genotipo}^{***} + 0.12 b^{***} + 0.07 \text{PCF}^{***}$	0.73
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.12 b^{***} + 0.07 \text{PCF}^{***}$	0.74
$Y = \text{Sexo}^{**} + \text{Genotipo}^{***} + 0.12 b^{***} + 0.07 \text{PCF}^{***}$	0.75
$Y = \text{Sexo}^{**} + \text{Genotipo}^{***} + 0.11 b^{***} + 0.08 \text{PCF}^{***} - 0.006 \text{GR}^{***}$	0.76

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

La información presentada en el Cuadro 30, indica que la medida ultrasónica de área logra predecir el peso de pierna sin hueso con un coeficiente de determinación de 0.16, duplicándose éste valor, cuando se incorpora la variable sexo a la ecuación de predicción. Si a la medida ultrasónica de área se le asocia el genotipo, la exactitud en la predicción alcanza coeficientes de determinación de 0.46, mientras que, cuando a ésta medida ultrasónica se la asocia al peso de la canal fría, se produce un aumento del 52 %, alcanzándose un coeficiente de determinación de 0.70. A su vez, si a ésta última ecuación se le incorporan el punto GR o el genotipo,

la exactitud en la predicción alcanza valores de 0.73 y 0.75, respectivamente.

Cuando la estimación del peso de pierna sin hueso se realiza a partir de la variable ultrasónica profundidad del músculo, se obtiene un coeficiente de determinación de 0.10. Este valor aumenta, si en la ecuación se incluye la variable sexo o genotipo. Si estas tres variables se combinan con el punto GR, la exactitud de la predicción aumenta a 0.48. Cuando la ecuación se conforma por la variable ultrasónica profundidad del músculo y peso de la canal fría, el coeficiente de determinación alcanzado es de 0.70. La adición a ésta ecuación, de las variables punto GR, sexo y genotipo, ya sea de forma independiente o conjunta, mejoró la predicción del peso de pierna sin hueso, permitiendo que el coeficiente de determinación aumente entre 0.73 y 0.76.

El notorio efecto que causa el peso de la canal en mejorar los niveles predictivos de este corte, también es reportado en trabajos realizados por de los Campos *et al.* (2002), quienes al predecir el peso de pierna sin hueso a partir del peso de la canal caliente como única variable, presentaron coeficientes de determinación de 0.62. A su vez, cuando los autores incorporan a esta variable el sexo, genotipo y punto GR, logran coeficientes de determinación similares a los encontrados en este trabajo ($R^2 = 0.74$).

La alta asociación que existe entre el peso de pierna sin hueso y el peso de la canal fría ($r = 0.69$ y 0.88 para cruza y puros; Cuadro 26), puede ser una de las causas que determinen el notorio incremento de los niveles de predicción de este corte cuando a las medidas ultrasónicas se les adiciona el peso de la canal fría.

La inclusión del sexo fue altamente significativa ($p \leq 0.01$) en la mayoría de los modelos, permitiendo de ésta manera obtener una mejor estimación del peso de pierna sin hueso. Esto coincide con experimentos

realizados por San Julian *et al.* (2002), quienes indican que estas diferencias están claramente relacionadas al hecho que las canales provenientes de hembras presentan menos desarrollo muscular en el trasero que la de los machos.

Por otro lado, cada vez que se incluyó el genotipo en las ecuaciones de predicción, se observó que esta variable tuvo un efecto muy significativo ($p \leq 0.01$), contrastando con el experimento realizado por San Julian *et al.* (2002), quienes no encontraron ninguna incidencia del genotipo al ser incorporado en las ecuaciones de predicción. Los autores atribuyen estos resultados a que los animales evaluados en su mayoría pertenecían a la raza Corriedale.

En este sentido, de los Campos *et al.* (2002), señalan que el sexo y el genotipo tuvieron un gran efecto en la estimación del peso de pierna sin hueso. Sin embargo, si en el modelo se incluye el punto GR se produce una reducción del aporte relativo de ambas variables. Contrariamente a lo señalado por estos autores, en los resultados del presente trabajo (Cuadro 30), se observa que la adición del punto GR a las ecuaciones que incluían las variables sexo y genotipo no afectó el nivel de significancia de estas últimas, contribuyendo además a una mejora en la exactitud de la predicción.

Se puede concluir que las medidas ultrasónicas por si solas son pobres estimadoras del peso de pierna sin hueso. La asociación de estas variables con el sexo y el genotipo permite estimar con niveles medios de predicción, el peso de pierna sin hueso previo a la faena. Niveles mayores de predicción se logran al asociar en una misma ecuación el peso de la canal fría y una de las medidas ultrasónicas. El asegurar una confiable estimación del peso de pierna sin hueso es de suma importancia, dado el alto valor unitario de este corte y su gran importancia dentro del peso total de la canal.

En el Cuadro 31 se presenta una serie de ecuaciones de predicción que estiman el peso del bife a partir de medidas realizadas tanto *in vivo* como en la canal, y variables tales como el genotipo y el sexo. A su vez, se presenta el grado de significancia de cada una de las variables y el coeficiente de determinación de los modelos presentados.

Cuadro 31. Ecuaciones de predicción del peso del bife a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R ²
$Y = 0.16^{***} + 0.0013 A$ (ns)	0.001
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.005 A^*$	0.13
$Y = \text{Sexo}^* - 0.002 A$ (ns) + 0.012 PCF ^{***} - 0.005 GR ^{***}	0.25
$Y = \text{Sexo}^{**} + \text{Genotipo}^{***} + 0.0013 A$ (ns) + 0.01 PCF ^{***} - 0.005 GR ^{***}	0.28
$Y = 0.147^{***} + 0.01 b$ (ns)	0.002
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.03 b^{**}$	0.14
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.041 b^{***} - 0.002 GR^{***}$	0.18
$Y = \text{Sexo}^{**} + \text{Genotipo}^{***} + 0.01 b$ (ns) + 0.01 PCF ^{***} - 0.005 GR ^{***}	0.28

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

En el Cuadro 31 se presentan las ecuaciones para predecir el peso del bife, destacándose que todos los modelos fueron significativos, salvo aquellos que predicen el peso del bife a partir de las medidas ultrasónicas. Las variables ultrasónicas área y profundidad junto con el genotipo logran predecir el peso del bife con un coeficiente de determinación bajo ($R^2 = 0.13$ y 0.14 , respectivamente). Mientras que, cuando en una misma ecuación se contempla una de las variables ultrasónicas, el sexo, el genotipo, el punto GR y el peso de la canal fría, el coeficiente de determinación asciende a 0.28 . En esta ecuación, la inclusión de las medidas ultrasónicas no mejora significativamente la predicción del modelo ($P \geq 0.10$).

Teniendo en cuenta que las variables ultrasónicas área y profundidad del *Longissimus dorsi*, son medidas que se toman directamente sobre el bife, cabría de esperar que su introducción como variables predictivas contribuyera significativamente en la estimación del peso de dicho corte, sin embargo, esta respuesta no se evidenció en el presente trabajo.

Dentro de las distintas ecuaciones analizadas se puede observar que tanto el genotipo, el punto GR y el peso de la canal fría tuvieron un efecto altamente significativo ($p \leq 0.01$), causando una leve mejora en el valor predictivo de la ecuación, a su vez, la variable sexo tuvo una menor influencia en la determinación del peso del bife.

Experimentos realizados por San Julian *et al.* (2002), señalan que si se intenta predecir con cierto nivel de confianza el peso del bife de corderos se debe incluir el peso vivo como variable de predicción. Estos autores reportan coeficientes de determinación de 0.75 al usar el peso vivo como única variable de predicción, y de 0.82 cuando se le asocia el área del ojo del bife medido por ultrasonido. Este incremento en los niveles de predicción probablemente se debe a que el área es una medida directa del músculo a estimar, sin embargo, la importancia de esta medida se ve reducida si el modelo incluye alguna variable que mida el grado de terminación de la canal (San Julián *et al.*, 2002). Estos resultados son coincidentes con los presentados en el Cuadro 31, en donde el área medido ultrasónicamente carece de efecto significativo cuando se la asocia en una misma ecuación con el punto GR (variable que mide el grado de terminación de la canal).

En síntesis, las medidas ultrasónicas de profundidad y área no son buenas estimadoras del peso del bife, siendo necesario incorporar variables intrínsecas del animal (sexo y genotipo), y de la canal (peso de la canal fría y punto GR), para lograr coeficientes de determinación medios-bajos. Por tal motivo, se deberían tener en cuenta otras variables de predicción para intentar incrementar la exactitud en la predicción de este corte valioso. Una

posible variable a considerar es el peso vivo, medida que además no implica el sacrificio del animal.

En el Cuadro 32 se presenta información que corresponde a ecuaciones de predicción del peso del lomo, detallándose las variables que las componen y el nivel de significancia de las mismas. Junto con esta información, se presenta el coeficiente de determinación propio de cada ecuación.

Cuadro 32. Ecuaciones de predicción del peso del lomo a partir de diferentes variables medidas *in vivo* y en la canal, junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R ²
$Y = 0.08^{***} + 0.002 A^{***}$	0.02
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.002 A^{***}$	0.20
$Y = 0.03^{***} - 0.002 A^{**} + 0.004 \text{PCF}^{***}$	0.34
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.004 A^{***}$	0.37
$Y = \text{Sexo}^{***} - 0.0015 A^{**} + 0.004 \text{PCF}^{***}$	0.39
$Y = 0.014^{**} - 0.0014 A^{**} - 0.0018 \text{GR}^{***} + 0.006 \text{PCF}^{***}$	0.49
$Y = \text{Sexo}^{**} - 0.0013 A^{**} + 0.006 \text{PCF}^{***} - 0.0016 \text{GR}^{***}$	0.50
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.00046 A \text{ ns} + 0.0005 \text{PCF}^{***} - 0.0014 \text{GR}^{***}$	0.55
$Y = 0.08^{***} + 0.0065 b^*$	0.01
$Y = \text{Sexo}^{***} + 0.01 b^{***}$	0.19
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.018 b^{***}$	0.34
$Y = 0.04^{***} - 0.009 b^{**} + 0.0044 \text{PCF}^{***}$	0.34
$Y = \text{Sexo}^{***} + \text{Genotipo}^{***} + 0.018 b^{***}$	0.36
$Y = \text{Sexo}^{***} - 0.0055 b \text{ ns} + 0.0039 \text{PCF}^{***}$	0.39
$Y = 0.019^{**} - 0.007 b^{**} - 0.0017 \text{GR}^{***} + 0.006 \text{PCF}$	0.49
$Y = \text{Sexo}^{**} - 0.006 b^* + 0.006 \text{PCF}^{***} - 0.0016 \text{GR}^{***}$	0.50
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.001 b \text{ ns} + 0.005 \text{PCF}^{***} - 0.0014 \text{GR}^{***}$	0.55

ns: ($P \geq 0.10$); *: ($P \leq 0.10$); **: ($P \leq 0.05$); ***: ($P \leq 0.01$)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PU = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

Las ecuaciones presentadas en el Cuadro 32, resultaron todas significativas ($p \leq 0.01$). Sin embargo, las ecuaciones de predicción que presentaron como única variable a las medidas ultrasónicas de área o profundidad no mostraron ser efectivas en predecir el peso del lomo. De todas formas, es posible lograr niveles medios-bajos de predicción si a una de estas variables se la asocia con la variable sexo, y niveles medios si a esta última se la sustituye por el genotipo. Los máximos niveles de predicción se logran cuando una de las variables ultrasónicas es asociada con el genotipo, punto GR y peso de la canal fría ($R^2 = 0.55$), a pesar que la inclusión de las medidas ultrasónicas en dicha ecuación, mostró no tener significancia en la predicción.

Una posible causa de los bajos niveles de predicción que presentaron las ecuaciones que involucraron como única variable a las medidas ultrasónicas, puede ser a la baja asociación que existió entre estas dos medidas ultrasónicas y el peso del lomo (Cuadro 24).

Experimentos realizados por Standford *et al.* (1995) indican que la estimación del peso del lomo varía considerablemente según el genotipo, encontrando que para la raza Corriedale, el peso de este corte puede ser predecido a partir de la asociación de las variables ultrasónicas profundidad de músculo y espesor de grasa subcutánea con un coeficiente de determinación igual a 0.24. Estos resultados son menores a los presentados en el Cuadro 32, donde se observa que a partir de medidas ultrasónicas de área o profundidad, asociadas con el genotipo, se obtienen coeficientes de determinación de 0.37 y 0.34, respectivamente.

Los resultados sugieren que para lograr niveles de predicción medios del peso del lomo en el animal vivo, se debe utilizar la variable genotipo junto con las medidas ultrasónicas de área o profundidad. Adicionalmente, se pueden lograr niveles más satisfactorios de predicción si a estas variables se les adicionan aquellas que implican el sacrificio de animal (punto GR y peso de la canal fría).

En el Cuadro 33 se presentan las ecuaciones de predicción del peso total de cortes valiosos, utilizándose las mismas variables usadas en los cortes anteriores. Complementariamente se presenta el nivel de significancia de cada variable y el coeficiente de determinación propio de cada ecuación.

Cuadro 33. Ecuaciones de predicción del peso total de cortes valiosos a partir de diferentes variables, medidas *in vivo* y en la canal junto con su correspondiente coeficiente de determinación.

Ecuación de predicción	R ²
$Y = 1.48^{***} + 0.412 A^{***}$	0.05
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.08 A^{***}$	0.16
$Y = \text{Sexo}^* + \text{Genotipo}^{***} + 0.08 A^{***}$	0.18
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.066 A^{***} + 0.15 \text{PCF}^{***}$	0.36
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.065 A^{***} + 0.17 \text{PCF}^{***} - 0.03 \text{GR}^{***}$	0.38
$Y = \text{Genotipo}^{***} + \text{Sexo}^{***} - 0.06 A^{***} + 0.201 \text{PCF}^{***} - 0.042 \text{GR}^{***}$	0.42
$Y = 1.35^{***} + 0.52 \text{PU}^{***}$	0.028
$Y = 1.39^{***} + 0.46 b^{***} + 0.01 \text{GR}^*$	0.03
$Y = \text{Genotipo}^{***} + 0.34 b^{***}$	0.15
$Y = \text{Genotipo}^{***} - 0.54 b^{***} + 0.16 \text{PCF}^{***}$	0.37
$Y = \text{Genotipo}^{***} + \text{Sexo}^{***} - 0.5 b^{***} + 0.17 \text{PCF}^{***}$	0.40
$Y = \text{Sexo}^{***} + \text{Genotipo}^{***} - 0.53 b^{***} + 0.21 \text{PCF}^{***} - 0.044 \text{GR}^{***}$	0.43

ns: (P ≥ 0.10); *: (P ≤ 0.10); **: (P ≤ 0.05); ***: (P ≤ 0.01)

A = área del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

b = profundidad del *Longissimus dorsi* medido por ultrasonido

PCF = peso de la canal fría

En el Cuadro 33 se observa que las medidas ultrasónicas de área y profundidad del músculo, al ser usadas como únicas variables en la ecuación de predicción, presentan un coeficiente de determinación muy bajo. Este aumenta a valores medios-bajos cuando se le asocia el genotipo. La inclusión de medidas tomadas en la canal (punto GR y peso de la canal

fría) incrementa el coeficiente de determinación, logrando niveles de predicción medios.

Todas las variables incorporadas a las ecuaciones fueron altamente significativas ($p \leq 0.01$), inclusive el sexo. Estos resultados coinciden con lo reportado por Hopkins *et al.* (1996), quienes al usar el peso vivo y el espesor de grasa subcutánea como variables de predicción del peso de cortes vendibles (pierna, rack, lomo y paleta), encontraron diferencias entre sexo, ($R^2 = 0.43$ y 0.38 para hembras y machos, respectivamente).

El uso de otras variables de predicción, no consideradas en este trabajo, se ponen de manifiesto en los resultados del experimento de Hopkins *et al.* (1996). Estos autores reportaron que el peso vivo es un pobre predictor del peso total de cortes valiosos, y que si a éste se le asocia la variable ultrasónica espesor de grasa, se logran niveles de estimación medios. A su vez, la incorporación a esta ecuación de la medida ultrasónica de profundidad de músculo, no contribuyó a mejoras significativas en los niveles de predicción (Hopkins *et al.*, 1996).

La importancia de la inclusión de la medida ultrasónica de espesor de grasa en los modelos predictivos, también se pone de manifiesto en los resultados del experimento de Stanford *et al.* (1995). Los autores concluyen que al incluirla como única variable de predicción del peso de cortes valiosos, obtuvieron coeficientes de determinación de 0.64. En contraste a lo mencionado anteriormente, Fortin y Shrestha (1986), señalan que ni el peso vivo ni el espesor de grasa medido ultrasónicamente fueron significativos cuando se usaron como variables de predicción del rendimiento de cortes vendibles. Sin embargo, en este experimento hay que tener en cuenta la baja resolución del equipo utilizado y el bajo engrasamiento de los corderos.

Las ecuaciones presentadas en el Cuadro 33 indican que la asociación del punto GR con la variable ultrasónica profundidad no mejora los niveles de predicción del peso de los cortes valiosos. Estos resultados no coinciden con los reportados en los experimentos realizados por Hopkins *et al.* (1996), quienes señalan que la incorporación de la variable punto GR, aumenta significativamente ($p \leq 0.05$) los niveles de predicción de peso de los cortes valiosos.

Los bajos niveles de predicción obtenidos a partir de las variables ultrasónicas, eran esperables dada la baja asociación registrada entre estas medidas y el peso total de los cortes valiosos (Cuadro 24). Por tal motivo, no debe descartarse que los niveles de predicción aumenten si se excluyen los pesos de los cortes bife y lomo del peso total de los cortes valiosos, ya que estos dos cortes son los que mantienen la menor asociación con las medidas ultrasónicas de área y profundidad de músculo (Cuadro 24).

En síntesis el peso de los cortes valiosos sólo puede ser predecido con niveles medios si se incluyen como variables predictivas el peso de la canal fría y el punto GR, lo que implica el sacrificio del animal. Otra posible variable a considerar en la estimación del peso total de estos cortes, es el espesor de grasa subcutánea, variable que ha demostrado en experimentos internacionales altos niveles predictivos.

5. CONCLUSIONES

Las medidas ultrasónicas del *Longissimus dorsi* presentaron asociaciones medias con sus homólogas tomadas en la canal. La medida ultrasónica de profundidad de músculo es determinada con mayor facilidad y rapidez que la medida ultrasónica de área, lo que permite evaluar los animales con mayor dinamismo. El espesor de grasa subcutánea medido ultrasónicamente presentó una elevada asociación con su homóloga en la canal. Las medidas ultrasónicas de profundidad del *Longissimus dorsi* y del espesor de grasa subcutánea evalúan con precisión las canales ovinas, permitiendo realizar la selección de aquellos reproductores que mejor se adapten a cada situación en particular.

Las medidas ultrasónicas de área y profundidad presentaron buenos niveles de asociación con el peso de la canal fría, en especial en los genotipos puros. La escala de tipificación por conformación carnicera también presentó buenos niveles al ser asociada a las variables ultrasónicas de área y profundidad, en particular en los genotipos cruzas. Por su parte, la asociación entre el estado corporal con el peso de la canal fría y la escala de tipificación por conformación carnicera arrojó valores aceptables y similares entre ambos genotipos. Estos resultados junto con su fácil determinación y su costo reducido, hacen del estado corporal una herramienta de gran utilidad en la estimación de la conformación carnicera de los ovinos. El espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido obtuvo una elevada asociación con el punto GR, lo que permite determinar de forma confiable el grado de terminación de las canales ovinas. El estado corporal presentó asociaciones medias y satisfactorias con el espesor de grasa subcutánea medido en la canal y el punto GR, en particular en los genotipos puros. Esto permite que a nivel de establecimientos comerciales se pueda seleccionar aquellos animales que presentan mejor grado de terminación. Los niveles de asociación establecidos entre el espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido con la escala de tipificación por cobertura de grasa, demostraron que esta escala no es efectiva en determinar el grado de engrasamiento de las canales ovinas.

No se encontró una única medida ultrasónica que permita obtener una aceptable asociación con el peso de cada uno de los cortes valiosos. En líneas generales se establece que la medida ultrasónica de profundidad del músculo permite una asociación satisfactoria con el peso de pierna con hueso, y carré, mientras que la medida ultrasónica del ancho es la que mejor se asocia con el peso del bife y lomo. A su vez, el área de músculo es la medida *in vivo* que mejor se asocia con el peso de pierna sin hueso, y el espesor de grasa subcutánea es la que permite las mayores asociaciones con el peso del rack. Por su parte, el grado de asociación entre el peso total de cortes valiosos y las medidas ultrasónicas no fue satisfactorio, determinando que estas variables no sean confiables en programas de selección en los que se pretenda aumentar la sumatoria del peso total de los cortes valiosos. El nivel de engrasamiento de los corderos, en este caso determinado por su genotipo afectó el grado de asociación entre las medidas ultrasónicas y el peso de los diferentes cortes valiosos.

Las medidas ultrasónicas de área y profundidad del *Longissimus dorsi* no presentaron diferencias entre sí, en las ecuaciones de predicción de los diferentes cortes valiosos, cuando éstas fueron utilizadas como únicas variables o asociadas a otras. El peso de los cortes pierna con hueso, rack, carré, pierna sin hueso y lomo, puede ser determinado con niveles aceptables de predicción, cuando se los estima a partir de una de las variables ultrasónicas asociadas a las variables sexo y/o el genotipo. Esto permite conocer el peso de cada uno de estos cortes previo al sacrificio de los animales. La incorporación del peso de la canal fría como variable predictiva mejoró notoriamente la estimación de todos los cortes, siendo imprescindible su incorporación en las ecuaciones de predicción de peso de bife y la suma de cortes valiosos, en donde las medidas ultrasónicas por sí solas no logran aceptables niveles de predicción. Esta variable puede ser utilizada con éxito en las plantas frigoríficas para predecir el peso de los diferentes cortes valiosos. Dada la elevada asociación que existe entre el peso de la canal fría y peso de la canal caliente, no se descarta que esta última pueda ser utilizada inmediatamente después del sacrificio como

variable predictiva, lo que le permitiría a la planta frigorífica estimar el peso de los cortes con 24 hs de antelación. Otras variable a considerar en estudios futuros sobre modelos de predicción de los diferentes cortes valiosos es el peso vivo, dada la elevada asociación que mantiene con el peso de la canal fría, con la ventaja de realizar las determinaciones en el animal vivo.

Los resultados obtenidos en este trabajo indican que el ultrasonido es una técnica que puede ser utilizada con aceptable confiabilidad, permitiendo realizar en forma rápida e incruenta mediciones *in vivo* de las principales características de interés como la predicción del rendimiento industrial de corderos pesados y su uso potencial en el mejoramiento genético de reproductores desde el punto de vista carnicero. El adiestramiento de personal en esta técnica es fundamental para contribuir a que su aplicación a distintos niveles sea más efectiva, en este sentido, sería necesario la instalación de un sistema nacional de certificadores integrado por las instituciones con experiencia en esta tecnología.

6. RESUMEN

Mediante la utilización de un aparato de ultrasonido Pie Medical Scanner 200, equipado con una sonda de 3,5 mhz, se determinó el área, profundidad, ancho del *Longissimus dorsi* y espesor de grasa subcutánea a 722 corderos machos enteros, criptórcidos, castrados y hembras de las razas Corriedale y sus cruza: Milchschaf, Île de France, Texel o Southdown x Corriedale, Île de France x Merino Australiano y Southdown x (Texel x Corriedale), (Île de France x Corriedale) o (Milchschaf x Corriedale), sacrificados con una edad promedio de 271 ± 103 días. Se midió la asociación entre las medidas ultrasónicas con sus homólogas en la canal, el peso de la canal fría, las escalas de tipificación de las canales por conformación carnicera y cobertura de grasa, el punto GR y el peso de los cortes valiosos. Las medidas ultrasónicas de área y profundidad junto con el sexo, genotipo, peso de la canal fría y punto GR fueron utilizadas como variables para predecir el peso de los diferentes cortes valiosos. Las correlaciones entre las medidas ultrasónicas y sus homólogas en la canal fueron y positivas medias-altas para área y ancho ($r = 0.47$ y 0.40 , respectivamente), y positivas altas para el ancho y espesor de grasa subcutánea ($r = 0.58$ y 0.69 , respectivamente). A su vez se encontraron correlaciones positivas medias entre las medidas ultrasónicas de área y profundidad con el peso de la canal fría ($r = 0.53$ y 0.55 , respectivamente) y positivas medias-bajas con la escala de tipificación por conformación carnicera ($r = 0.43$ y 0.36 , respectivamente). El espesor de grasa subcutánea medido por ultrasonido presentó asociaciones de $+0.74$ con el punto GR y de -0.34 con la escala de tipificación por cobertura de grasa. Los modelos presentaron niveles medios de predicción para peso de pierna con hueso ($R^2 = 0.45$), rack ($R^2 = 0.33$), carré ($R^2 = 0.31$), pierna sin hueso ($R^2 = 0.46$) y lomo ($R^2 = 0.37$), cuando se utilizó como variables el área o la profundidad ultrasónica con el genotipo y/o sexo. Mientras que los niveles de predicción realizados a partir de las mismas variables para peso del bife y total de cortes valiosos fueron bajos ($R^2 = 0.14$ y 0.18 , respectivamente). La incorporación del peso de la canal fría mejoró significativamente ($p \leq 0.01$) los niveles de predicción de todos los cortes. Los resultados sugieren que la técnica del ultrasonido puede ser utilizada con aceptable confiabilidad,

permitiendo realizar en forma rápida y en el animal vivo las mediciones de las principales características de interés en la mejora y producción de carne.

7. SUMMARY

The area, depth and width of the *Longissimus dorsi* and the thickness of subcutaneous fat of 722 Corriedale criptorchid, castrated, ram lambs and ewes and there crosses: Milchschaf, Île de France, Texel or Southdown x Corriedale, Île de France x Merino and Southdown x (Texel x Corriedale), (Île de France x Corriedale) or (Milchschaf x Corriedale), slaughtered at an average age of 271 ± 103 days, were determined by using an ultrasound Pie Medical Scanner 200 device equipped with a 3.5 mhz sounder. It was measured the assosiation between the ultrasonic measurements with their homologous in the carcass, the weight of the cold carcass, subjective scoring sistem of the carcass conformation and fat thickness, GR site and the weight primal cuts. The ultrasonic measurements of area and depth in addition to the sex, genotype, weight of the cold carcass and GR site were used as variable to predict the weight of the different primal cuts. The correlations between the ultrasonic measurements and there homologous on the carcass were positive and mid-high for area and with ($r = 0.47$ and $r = 0.40$, respectively) and positive high for width and thickness of subcutaneous fat ($r = 0.58$ and $r = 0.59$, respectively). Moreover, positive medium correlations between the ultrasonic measurements of area and depth with the weight of the cold carcass were found ($r = 0.53$ and $r = 0.55$, respectively) and positive mid-low with the subjective scoring sistem of the carcass conformation ($r = 0.43$ and $r = 0.36$, respectively). The thickness of subcutaneous fat measured by ultrasound showed assosiations of + 0.74 with GR site and of - 0.34 with the subjective scoring sistem of fat. The models showed medium levels of prediction for the weight of boned leg ($R^2 = 0.45$), rack ($R^2 = 0.33$), carré ($R^2 = 0.31$), boneless leg ($R^2 = 0.46$) and loin ($R^2 = 0.37$), when the ultrasonic measures of area or depth were used as variables with the genotype and /or sex. While the levels of prediction made from the same variables for beef weight and the total of primal cuts were low ($R^2 = 0.14$ and $R^2 = 0.18$, respectively). The incorporation of weight in the cold carcass significantly improved ($p \leq 0.001$) the levels of prediction in all the cuts. The results sugges that the ultrasound technique can be used safely allowing the quick measurements with the animal alive of the main characteristics which concern the improvement and production of meat.

8. BIBLIOGRAFIA

- AZZARINI, M.; CARDELLINO, R.A.; CASTELLS, D.; 1999. Empleo de la ultrasonografía en ovinos. Correlaciones entre mediciones *in vivo* y *post mortem* en corderos pesados. S.U.L. Producción ovina 12: 27-35.
- BASS, J.J; WOODS, E. G; PAULSEN, W. D; 1982. A comparison of three ultrasonic machines and subjective fat and conformation scores for predicting chemical composition of live sheeps. Journal of Agricultural Science. Cambridge. 99: 529-532.
- BELLENDIA, O. G.; 2000. La ultrasonografía aplicada a la calidad y capacidad carnicera en el animal vivo. <http://www.ecografiavet.com>.
- BIANCHI, G.; GARIBOTTO, G.; CARAVIA, V.; CASTELLS, D.; CASSARETO, A.; BENTANCUR, O.; 2000. Desempeño de corderos Corriedale y cruce faenados a los 5 meses de edad. 2. Medidas en el *Longissimus dorsi* y en el espesor de grasa subcutánea en el animal vivo y su relación con el grado de terminación y la conformación carnicera en la canal. Agrociencia, Revista científica de la Facultad de Agronomía, Universidad de la República Oriental del Uruguay 4: 56-63.
- _____.; 2000. Algunas herramientas tecnológicas hacia la intensificación de la producción de carne ovina en la raza Corriedale. Anuario 2000. Sociedad de Criadores de Corriedale del Uruguay. pp. 66-71.
- _____.; 2001. Utilización de razas y cruzamientos para la producción de carne ovina en el Uruguay. S.U.L. Producción Ovina. 14: 45-54.
- _____.; GARIBOTTO, G.; 2002. Influencia del sexo y del largo de la lactación sobre características del crecimiento, composición de la

canal y calidad de la carne de corderos (revisión). S.U.L, Producción Ovina. 15: 71-92.

_____.; GARIBOTTO, G.; 2003. Uso práctico del ultrasonido. Revista del Plan Agropecuario. 105: 40-44.

BINNIE, D. B.; FARMER, R. J.; CLARKE, J. N.; 1995. Ultrasonic scanning of lamb carcasses for non-destructive carcass quality measurements. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 55: 111-113.

BOTKIN, M. P; FIELD, R. A; RILEY, M. L; NOLAN, J. C; ROEHRKASSE, G. P; 1969. Heritability of carcass traits in lambs. Journal of animal science. 29: 251-255.

CADÁVEZ, V.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; 1999 a. Utilización de ultrasonidos junto con el peso vivo y el peso de la canal caliente para la estimación del peso de las piezas de carnicería en corderos de la raza Churra Galega Bragancana: comparación de sondas de 5 y 7,5 MHz. Calidad de Canal y Carne. 24. Comunicación 2: 225-232.

_____.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; PEREIRA, E.; 1999 b. Precisión de diferentes medidas de ultrasonidos junto con el peso vivo para la estimación de las piezas de carnicería en corderos de raza Churra Galega Bragancana. Información Técnica Económica Agraria. 20: 122-124.

_____.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; PEREIRA, E.; 1999 c. Precisión de diferentes medidas de ultrasonidos junto con el peso de la canal caliente para la estimación del peso de las piezas de carnicería en corderos de raza Churra Galega Bragancana. Información Técnica Económica Agraria. 20: 125-127.

_____.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; PEREIRA, E.; 1999 d. Precisión de los ultrasonidos (sondas de 5 y 7,5 MHz) en la determinación del espesor de la grasa subcutánea y de la profundidad del M.

Longissimus dorsi in vivo y en la canal. Información Técnica Económica Agraria. 20: 119-121.

_____.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; RODRIGUES, S.; 2000 a. Utilización de ultrasonidos y el peso vivo para la predicción in vivo de la composición de la canal en corderos. Sociedad Española de Ovinocultura. 25. Comunicación 18: 165-168.

_____.; TEIXEIRA, A.; DELFA, R.; RODRIGUES, S.; 2000 b. Utilización de ultrasonidos y el peso de la canal caliente para la predicción de la composición de la canal en corderos. Sociedad Española de Ovinocultura. 25. Comunicación 19: 169-172.

CARDELLINO, R. A.; BENÍTEZ, D.; 2000. Performance de corderos Hampshire Down, Île de France, Suffolk y Texel en el sur de Brasil. Produccion Ovina. 13: 95-104.

CASTELLS, D.; AZZARINI, M.; 1998. La ultrasonografía aplicada a la producción de carne de calidad. Prácticas Veterinarias. 7: 33-34.

CHOUY, J.; 1996. Un millón de corderos. El País Agropecuario. 19: 32-33.

_____.; 1998. Hay que producir carne de calidad. El País Agropecuario. 43: 15-16.

CREWS, D. H.; SHANNON, N. H.; CREWS, R.E.; KEMP, R.A.; 2002. Weaning, yearling, and preharvest ultrasound measures of fat and muscle area in steers, bulls, and heifers. Journal of Animal Science. 80: 2817-2824.

CUARTIELLES, M. I.; HORCAS, E.; OLIVAN, A.; DELFA, R.; LAHOZ, F.; ROMEO, F.; LOPEZ, G.; 1999. Valoración objetiva con ultrasonidos de la grasa de cobertura en canales ovinas ligeras. Sociedad Española de Ovinocultura. 24. Comunicación 13: 485-488.

- DELFA, R.; TEIXEIRA, A.; BLASCO, I.; COLOMER-ROCHER, F.; 1991. Ultrasonic estimates of fat thickness, C measurement and Longissimus dorsi depth in raza Aragonesa ewes with same body condition score. *Options Mediterranéennes Series*. 13: 25-30.
- _____.; TEIXEIRA, A.; GONZALEZ, C.; 1995 a. Ultrasonic measurements of fat thickness and Longissimus dorsi depth for predicting carcass composition and body fat depots of live goats. EAAP. Annual meeting (46°, 1995, Praga).
- _____.; GONZALEZ, C.; TEIXEIRA A.; 1995 b. Relación entre medidas de espesor de grasa y del M. Longissimus dorsi realizadas con ultrasonidos en el animal vivo y sus homólogas tomados en la canal de cabras adultas. *Información Técnica Económica Agraria*. 16: 651-653.
- _____.; TEIXEIRA, A.; GONZALEZ, C.; 1995 c. Medidas realizadas con ultrasonidos en el animal vivo como predictoras de la composición de la canal y de los depósitos adiposos en el cuerpo de cabras adultas. *Información Técnica Económica Agraria*. 16: 654-656.
- _____.; TEIXEIRA A.; GONZALEZ, C.; BLASCO, I.; 1995 d. Ultrasonic estimates of fat thickness and Longissimus dorsi muscle depth for predicting carcass composition of live Aragon lambs. *Small Ruminant Research*. 16: 159-164.
- _____.; TEIXEIRA A.; GONZALEZ, C.; VIJIL, E.; 1996 a. Ultrasonic measurements for predicting carcass quality in live goats. EAAP. Annual meeting (47°, 1996, Lillehammer).
- _____.; GONZALEZ, C.; TEIXEIRA A.; VIJIL, E.; 1996 b. Ultrasonic measurements in live goats. Prediction of weight of carcass joints. EAAP. Annual meeting (47°, 1996, Lillehammer).

_____.; TEIXEIRA, A.; GONZALEZ, C.; VALDERRABANO, J.; 1997 a. Precisión de los ultrasonidos en animal vivo para valorar diferentes medidas de la canal de cabritos de Angora. *Información Técnica Económica Agraria*. 18: 730-732.

_____.; TEIXEIRA, A.; GONZALEZ, C.; VALDERRABANO, J.; 1997 b. Utilización de ultrasonidos en cabritos de Angora como predictores de la calidad de sus canales. *Información Técnica Económica Agraria*. 18: 733-735.

_____.; 1999. Perspectivas futuras de las metodologías de evaluación de la calidad de las canales de ovinos y caprinos. Congreso de Zootecnia da Associação Portuguesa dos Engenheiros Zootécnicos. (9º congreso, 1999, Porto, Portugal) pp.44.

_____.; TEIXEIRA, A.; GONZALEZ, C.; TORRANO, L.; VALDERRABANO, J.; 1999. Utilización de ultrasonidos en cabritos vivos de raza Blanca Celtibérica, como predictores de la composición tisular de sus canales. *Archivos de Zootecnia*. 48: 123-134.

_____.; TEIXEIRA, A.; CADÁVEZ, V.; GONZALES, C.; SIERRA, I.; 2000 a. Relationships between ultrasonic measurements in live goats and the same measurements taken of carcass. *International Conference on Goat*, (7º, 2000, Francia). pp. 833-834.

_____.; TEIXEIRA, A.; CADÁVEZ, V.; GONZALES, C.; SIERRA, I.; 2000 b. Use of ultrasound measurements for predicting body fat depots in live goats. *International Conference on Goat*, (7º, 2000, Francia). pp. 835-836.

DE LOS CAMPOS, G.; DIGHIERO, A.; SAN JULIAN, R.; MONTOSI, F.; DE MATTOS, D.; CASTRO, R.; ROBAINA, R.; ABRAHAM, D.; 2002. Predicción de cortes valiosos de canales de corderos pesados a partir de variables medibles pos faena. *En: Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica: avances obtenidos: carne*

ovina de calidad (1998-2001). Montossi, F., ed. INIA Tacuarembó. p. 85-97. (INIA Serie Técnica 126)

DEVITT, C. J. B.; WILTON, J. W.; 2001. Genetic correlation estimates between ultrasound measurements on yearling bulls and carcass measurements on finished steers. *Journal of Animal Science*. 79: 2790-2797.

EDWARDS, J. W.; CANNELL, R. C.; GARRETT, R. P.; SAVELL, J. W.; CROSS, H. R.; LONGNECKER, M. T.; 1989. Using ultrasound, linear measurements and live fat thickness estimates to determine the carcass composition of market lambs. *Journal of Animal Science*. 67: 3322-3330.

ELHORDOY, J. A.; 1998. El cruzamiento conviene más para producir corderos pesados que para producir livianos. *El País Agropecuario*. 43: 17-19.

FERNANDEZ, C.; GARCIA, A.; VERGARA, H.; GALLEGO, L.; 1998. Using ultrasound to determine fat thickness and Longissimus dorsi area on Manchego lambs of different live weight. *Small Ruminant Research*. 27: 159-165.

FORTIN, A.; SHRESTHA, J. N. B.; 1986. In vivo estimation of carcass meat by ultrasound in ram lambs slaughtered at an average live weight of 37 Kg. *Animal Production*. 43: 469-475.

FRADE, J.; 2002. Cordero pesado S.U.L. S.U.L. *Lananoticias*. 130: 19-23.

GARIBOTTO, G.; BIANCHI, G.; 2001. El ultrasonido como herramienta en la industria animal. *Revista de la UDELAR, EEMAC*. Cangué. 23: 12-16.

_____.; BIANCHI, G.; CARAVIA, V.; BENTANCOUR, O.; OTERO, E.; MICHELENA, A.; DEBELLIS, J. 2002. Estudio comparativo de corderos Merino Australiano y cruza Texel, Hampshire Down,

- Southdown e Île de France. 3. Peso, composición y calidad de corderos faenados a los 6 meses de edad. S.U.L, Producción ovina. 15: 63-70.
- GILBERT, R. P; BAILEY, D. R. C; SHANNON, N. H; 1993. Body dimensions and carcass measurements of cattle selected for post-weaning gain fed to different diets. *Journal of Animal Science*. 71: 1688-1698.
- GIMENO, D; CASTELLS, D; AZZARINI, M; DESCHENAUX, H; PEREIRA, D; CANCEL, P; REYES, F; RODRIGUEZ, P; 2003.. Jornadas Uruguayas de Buiatría (31 a , 2003, Paysandú). Repetibilidad y sesgo de imágenes ultrasonográficas del área del ojo del bife en ovinos. Paysandú. 86-89.
- GRIGNOLA, F.; AZZARINI, M.; 2000. Situación actual y perspectivas sobre la utilización de la técnica de ultrasonido para el mejoramiento de la calidad de la carne ovina. S.U.L .Lananoticias. 126: 25-28.
- HAFEZ, E. S. E.; 1996. Reproducción e inseminación artificial en animales; Sexta edición. México, Interamericana. pp 420-421.
- HALL, D. G.; GILMOUR, A. R.; FOGARTY, N. M.; HOLST, P. J.; HOPKINS, D. L.; 2001. Growth and carcass composition of second-cross lambs1. Effect of the sex and growth path on pre- and post-slaughter estimates of carcass composition. *Australian Journal of Agricultural Research*. 52: 859-867
- HERRING, W. O; MILLAR, D. C; BERTRAND, J. K; BENYSHECK, L. L; 1994. Evaluation of machine, technician, and interpreter effects on ultrasonic measures of backfackt and Longissimus muscle in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 72: 2216-2226.
- HOPKINS, D. L; 1990. The use of ultrasound to predict fatness in lambs. *Meat science*. 27: 275-281.

- _____.; JACKSON, R.; SAUNDERS, K. 1991. Reduction of testicular parenchyma at marking: effect on lamb growth, carcass fatness and sexual development. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 31: 597-601.
- _____.; PIRLOT, K. L.; ROBERTS, A. H. K.; BEATTIE, A. S.; 1993. Changes in fat depths and muscle dimensions in growing lambs as measured by real-time ultrasound. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 33: 707-712.
- _____.; HALL, D. G.; LUFF, A. F.; 1996. Lamb carcass characteristics 3. Describing changes in carcasses of growing lambs using real-time ultrasound and the use of these measurements for estimating the yield of saleable meat. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 36: 37-43.
- HUDSON, L. W.; GIMP, H. A.; WOOLFOLK, P. G.; KEMP, J. D.; REESE, C. M.; 1968. Effect of induced criptorchidism at different weights on performance and carcass traits of lambs. *Journal of Animal Science*. 27: 45-47
- INSTITUTO NACIONAL DE CARNES. (INAC). 1996. Clasificación y tipificación de ovinos (Mimeo).
- JEFFERIES, B. C.; 1961. Body condition scoring and its use in management. *Tasmanian Journal of Agriculture*. 32: 19-21.
- JONES, S. D. M; WALTON, J. S; WILTON, J. W; SZKOTNICKI, J. E; 1982. The use of urea dilution and ultrasonic backfat thickness to predict the carcass composition of live lambs and cattle. *Canadian Journal of Animal Science* 62: 371-379.
- KEMPSTER, A. J; CUTHBERTSON, A; JONES, D. W; OWEN, M. G; 1981. Prediction of body composition of live cattle using two ultrasonic machines of differing complexity: a report of four separate trials. *Journal of agricultural science, Cambridge*. 96: 301-307.

- _____.; CUTHBERTSON, D.W; HARRINGTON, G.; 1982 a. Carcass Evaluation in Livestock Breeding, Production and Marketing. 1^o Published. Great Britain. Granada Publishing Ltd. 66-75.
- _____.; ARNALL, D; ALLISTON, J. C; BARKER, J. D; 1982 b. An evaluation of two ultrasonic machines (scanogram and danscanner) for predicting the body composition of live sheeps. Animal Production. 34: 249-255.
- KIRTON, A. H; JOHNSON, D. L; 1979. Interrelationships between GR and other lamb carcass fatness measurements. Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production. 39: 194-201.
- _____.; DUGANZICH, D.; FEIST, C.; BENNET, G.; WOODS, E. 1985. Prediction of lamb carcass composition from GR and carcass weight. Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production. 45: 63-65.
- Mc. EWAN, J. C.; CLARKE, J. N.; KNOWLER, M. A.; WHEELER, M.; 1989. Ultrasonic fat depths in Romney lambs and Hoggets from lines selected for different production traits. Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production. 49: 113-119.
- Mc LAREN, D. G.; NOVAKOFSKI, J.; PARRETT, D. F.; LO, L.L.; SINGH, S. D.; NEUMANN, K. R.; Mc KEITH, F. K.; 1991. A study of operator effects on ultrasonic measures of fat depth and Longissimus muscle area in cattle, sheep and pigs. Journal of Animal Science. 69: 54-66.
- MONTOSSI, F.; PIGURINA, G.; BELK, K.; SAN JULIAN, R.; ROBAINA, R.; SCANGA, J.; 2004. Auditoria de calidad de carne ovina. Revista del Plan Agropecuario. 109: 37-43.

- NICOL, A. M.; JAI, N. P.; BEATSON, P. R.; 1988. A comparison of ultrasound backfat measurements on sheep. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 48: 33-36.
- PALSSON, H.; 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breed and crosses. *Journal of Agricultural Science*. 29: 544-625.
- PURCHAS, R.W.; 1994. Sheep production. Meat production. Department of Animal Science, Massey University. Handbook (course); 17.352.
- RUSSEL, A. J. F.; DONEY, J. M.; GUNN, R. G.; 1969. Subjective assessment of body fat in live sheep. *Journal Agriculture Science Cambridge*. 72: 451-454.
- _____.; 1995. Ultrasonography and body composition in sheep. *In: Goddard, P.J. Veterinary ultrasonography*. Macaulay Land Use Research Institute, Craigiebuckler, Aberdeen, UK. CAB International. p. 315-323.
- SAN JULIAN, R.; DE MATTOS, D.; MONTOSI, F.; 1999. Carne ovina de calidad. *Tecnologías para un sector más competitivo*. El País Agropecuario. 51: 23-26.
- _____.; DE LOS CAMPOS, G.; MONTOSI, F.; DE MATTOS, D.; 2002. Utilización de variables pre faena en la estimación del rendimiento carnicero y de variables pos faena de canales ovinas. *En: Investigación aplicada a la cadena agroindustrial cárnica: avances obtenidos: carne ovina de calidad (1998-2001)*. Montossi, F., ed. INIA Tacuarembó. p. 69-83. (INIA Serie Técnica 126).
- SAS. INSTITUTE INC., SAS/STAT. User 's Guide, version 6.12. Carey, N.C. 1998.

- SHATHER, A. P; BAILEY, D. R. C; JONES, S. D. M; 1996. Real-time ultrasound image analysis for the estimation of carcass yield and pork quality. *Canadian Journal of Animal Science*. 76: 55-62.
- SHELTON, M; SMITH, G. C; ORT, F; 1977; Predicting carcass cutability of rambouillet rams using live animal tracts. *Journal of Animal Science*. 44: 333-337.
- SIMM, G; YOUNG, M. J; BEATSON, P. R; 1987. An economic selection index for lean meat production in New Zealand sheep. *Animal Production*. 45: 307-316.
- STANFORD, K.; CLARK, I.; JONES, S. D. M.; 1995. Use of ultrasound in prediction of carcass characteristics in lambs. *Canadian Journal of Animal Science*. 75: 185-189.
- _____.; JONES, S. D. M.; PRICE, M. A.; 1998. Methods of predicting lamb carcass composition: a review. *Small Ruminant Research*. 29: 241-254.
- THONNEY, M. L.; TAYLOR, St C. S.; MURRAY, J. I.; Mc CLELLAND, T. H.; 1987. Breed and sex differences in equally mature sheep and goats 3. Muscle weight distribution. *Animal Production* 45: 277-290.
- WARD, C. E.; TRENT, A.; HILDEBRALD, J. L.; 1995. Consumer perception of lamb compared with other meat. *Sheep Goat Research J*. 11. 2: 64-70.
- WILSON, D. E.; 1992. Application of ultrasound for genetic improvement. *Journal of Animal Science*. 70: 973-983.
- WOLF, B. T; SMITH, C; KING, J. W; NICHOLSON, D; 1981. Genetic parameters of growth and carcass composition in crossbred lambs. *Animal production*. 32: 1-7.

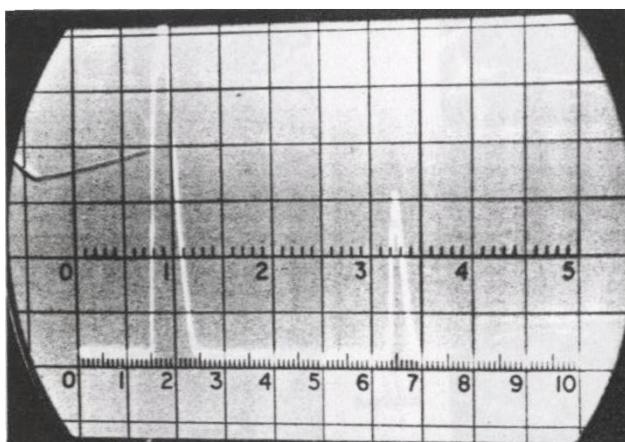
_____.; SMITH, C; 1983. Selección por calidad de la canal. *In:* Producción ovina . Ed. Haresign. W. Londres. Butterworhs. pp: 509-528.

_____.; JONES, D. A.; OWEN, M. G.; 2001. Carcass composition, conformation and muscularity in Texel lambs of different breeding history, sex and leg shape score. *Animal Science*. 72: 465-475.

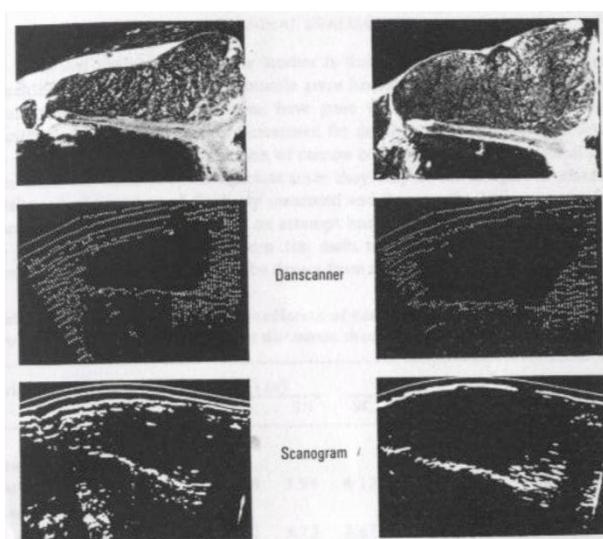
YOUNG, M. J.; DEAKER, J. M.; 1994. Ultrasound measurements predict estimated adipose and muscle weights better than carcass measurements. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*. 54: 215-217.

9. ANEXOS

Anexo N° 1. Imagen ecográfica reproducida en la pantalla de un equipo Modo A (Kempster *et al.*, 1982 a).



Anexo N° 2. Fotografía del área del ojo del bife tomada a nivel de la 3^a-4^a vértebra lumbar en bovinos, y su correspondiente imagen ecográfica producida a partir de 2 equipos Modo B: Danscanner y Scanogram (Kempster *et al.*, 1982 a).



Anexo 4. Diagrama del corte transversal de la canal ovina realizado a nivel del espacio intercostal entre la 12^a-13^a costilla. (Garibotto y Bianchi, 2001).

