



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS *ANTE MORTEM* Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN OVINOS PRODUCIDOS EN
MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

P R E S E N T A :

LIZBETH ESMERALDA ROBLES JIMÉNEZ

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Junio de 2017



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

“CORRELACIÓN ENTRE PARÁMETROS *ANTE MORTEM* Y
CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL EN OVINOS PRODUCIDOS
EN MÉXICO”

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES

P R E S E N T A :
LIZBETH ESMERALDA ROBLES JIMÉNEZ

COMITÉ DE TUTORES
DR. JOSÉ ARMANDO PARTIDA DE LA PEÑA
DR. MIGUEL ENRIQUE ARECHAVALETA VELASCO
DR. IGNACIO ARTURO DOMÍNGUEZ VARA

El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México, Junio de 2017

DEDICATORIA

Le agradezco a **Dios** por haberme dado la oportunidad de vivir para cumplir este sueño y por regalarme una familia tan maravillosa.

A mi Padre Isaías Robles Zavala y a mi **madre María Marta Jiménez Luna** por apoyarme durante toda mi vida, gracias por la educación que me dieron, por ser mis guías, mi horizonte, mis superhéroes, mi límite ante los excesos, mis amigos y mis mejores consejeros, y sobre todo por nunca dejarme sola en este sueño. Son las personas que más admiro en esta vida, porque para ustedes no hay límites, ni barreras que obstaculicen su camino.

A mi **hermana Laura Robles Jiménez** por estar siempre a mi lado y nunca abandonarme.

A **Arturo** por apoyarme en las buenas y malas para poder cumplir mis sueños

A mis **compañeros** y **amigos** del laboratorio de carne por su gran ayuda y excelente compañía.

A mis amigos **Manuel** y **Vianey** por su apoyo y consejos.

Al Dr. **José Armando Partida de la Peña**, por darme su confianza y brindarme la oportunidad para realizar mis estudios de Maestría, además de su valiosa enseñanza y dirección en mi trabajo de investigación.

Al Dr. **Ignacio** y Dr. **Miguel** por su paciencia y apoyo durante la investigación.

Al Dr. **Manuel** por creer en mí, en mi trabajo y enseñarme a cumplir mis sueños.

AGRADECIMIENTOS

Al **Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología** por el apoyo para la realización de los estudios de Maestría en la Universidad Autónoma del Estado de México.

Al **Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (inifap)**, y **Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología Animal Querétaro**, por el apoyo para las facilidades para el desarrollo de la fase experimental y de laboratorio, y cuyo resultado fue la realización de esta tesis de Maestría.

A todos aquellos que de una u otra manera han influido en mí para alcanzar mis objetivos y cumplir mis sueños, Gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT	VII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Situación actual	4
2.2 Aspectos que determinan la calidad de la canal	5
2.2.1 Sistemas de producción	7
2.2.2 Genotipo y edad cronológica	9
2.2.3 Sexo	11
2.3 Evaluación de la canal ovina	12
2.3.1 Medidas subjetivas de la canal	13
2.3.2 Medidas objetivas de la canal	19
2.4 Técnicas de predicción de la composición tisular de la canal ovina	26
3. JUSTIFICACIÓN	31
4. HIPÓTESIS.....	32
5. OBJETIVO GENERAL	33
5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN (artículo)	38
8. CONCLUSIONES	62
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	63
10. ANEXOS	75

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Patrones fotográficos adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos superiores a los 13 kg según su estado de engrasamiento.	14
Figura 2. Patrones fotográficos adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos superiores a los 13 kg según su conformación.	16
Fotografía 3. Tipos de conformación en la canal ovina de acuerdo con la norma mexicana (fotografías publicadas en la Norma Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006).	17
Figura 4. Patrones fotográficos para la clasificación de las canales de cordero menores a 13 kg según el color del músculo <i>Rectus abdominis</i> .	18
Figura 5. Patrones fotográficos para determinar el color de la grasa subcutánea.	19
Figura 6. Medidas en la canal completa y medida canal izquierda.	22

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Algunas características corporales de las razas ovinas más comunes.	10

RESUMEN

En el estudio se emplearon los datos de 750 canales de ovinos procedentes de diferentes sistemas de producción (intensivo, semiintensivo y extensivo), genotipos (pelo, lana y pelo x lana) y sexos (hembras y machos). Se realizaron análisis de correlación y regresión lineal múltiple, y se obtuvieron ecuaciones de predicción para área del músculo *Longissimus dorsi* y para el espesor de la grasa subcutánea, utilizando el peso a la matanza y algunas variables morfométricas de la canal. En los machos de pelo el área del músculo *L. dorsi* tuvo una correlación con los pesos de la canal caliente y fría ($r = 0.52$; $P < 0.001$), en hembras de pelo la variable que tuvo una mayor relación con el área muscular fue el perímetro de la grupa ($r = 0.52$; $P < 0.001$), en machos de lana el área del *L. dorsi* tuvo una correlación con la longitud de canal ($r = 0.61$; $P < 0.001$) y en machos pelo x lana la correlación más elevada se obtuvo con el ancho del tórax ($r = 0.47$; $P < 0.001$). El espesor de la grasa subcutánea presentó una correlación con el peso a la matanza en machos ($r = 0.36$; $P < 0.001$) y hembras $r = 0.57$; $P < 0.001$) de pelo, pero en machos de lana la grasa subcutánea tuvo una correlación con la profundidad interna del tórax ($r = 0.50$; $P < 0.001$).

ABSTRACT

The study used data from 750 sheep carcasses from different production systems (intensive, semi-intensive and extensive), genotypes (hair, wool and hair x wool) and sexes (females and males). Correlation and multiple linear regression analyzes were performed, and prediction equations were obtained for the *Longissimus dorsi* muscle area and for the thickness of the subcutaneous fat, using the slaughter weight and some morphometric variables of the carcass. In hair males, the area of the *L. dorsi* muscle had a correlation with the hot and cold weights ($r = 0.52$; $P < 0.001$); in hair females, the variable that had a greater relation with the muscle area was The ridge perimeter ($r = 0.52$, $P < 0.001$), in males of wool the area of *L. dorsi* had a correlation with the canal length ($r = 0.61$, $P < 0.001$) and in males hair x wool the correlation Higher was obtained with the width of the thorax ($r = 0.47$, $P < 0.001$). The thickness of the subcutaneous fat had a correlation with the slaughter weight in males ($r = 0.36$, $P < 0.001$) and females $r = 0.57$; $P < 0.001$), but in male wool the subcutaneous fat had a correlation with the internal depth of the thorax ($r = 0.50$; $P < 0.001$).

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo, la crianza de ovinos es una actividad ganadera de gran importancia, pues a pesar de la reducción que ha habido en los inventarios ovinos de varios países, se mantiene una población de alrededor de 1,100 millones de cabezas (FAO, 2015), y se producen casi 14.5 millones de toneladas de carne al año (FAO, 2015; Gira, 2012) para satisfacer un consumo constante de este producto cárnico en los países industrializados y una demanda en aumento en los países en desarrollo (OCDE-FAO, 2014; Ledgard *et al.*, 2011). En México, la ovinocultura ha crecido a un ritmo elevado, con tasas promedio de 3.8% durante los últimos 10 años, produciéndose más de 59 mil toneladas de carne en canal anualmente (SIAP, 2015), las cuales aún son insuficientes para satisfacer la demanda interna estimada en poco más de 90,000 ton/año.

En este contexto, es muy importante continuar incrementando la eficiencia en la producción primaria, pero también se precisa una mayor participación de los ovinocultores en la cadena de valor, a través de la innovación y el uso de tecnología que es generada mediante la investigación. Por ejemplo, el estudio de las características de la canal en ovinos permite establecer diversos parámetros, entre los cuales destacan: el rendimiento en canal, el porcentaje de la masa muscular deshuesada, el peso de los cortes primarios y secundarios, el área del músculo *Longissimus dorsi*, el espesor de la grasa dorsal, etc. (Hernández *et al.*, 2012).

Lo anterior proporciona información sobre la calidad del producto final; no obstante, para obtener este tipo de información, primero es necesario sacrificar a los animales, lo que no siempre es posible. Por eso, resultaría de mucha utilidad poder llevar a cabo estudios orientados a predecir la composición en animales vivos, sin la necesidad de tener que sacrificarlos.

La correlación, entre parámetros *ante mortem* y *pos mortem*, puede ser una herramienta práctica que permita identificar a los animales cuyas canales sean de mejor calidad antes del sacrificio (Durán *et al.*, 2012). En este sentido, Marshall *et al.* (2001) observaron que el peso vivo al momento de la matanza está muy correlacionado con el perímetro torácico y con la profundidad del pecho. De forma similar, el peso vivo al sacrificio se relaciona con el largo de la grupa y el perímetro torácico (Marshall *et al.*, 2002); asimismo, el perímetro de la grupa está correlacionado con el peso del músculo y con la proporción de grasa de la canal (Partida *et al.*, 2011).

Obviamente, todo lo anterior es de interés para los productores y comercializadores, sobre todo tomando en cuenta que ésta información se obtiene antes de la faena, lo que permite decidir la conveniencia de enviar los animales al rastro o, en su defecto, posponer la matanza hasta que alcancen un mayor porcentaje del peso maduro (Marshall *et al.*, 2001; Marshall *et al.*, 2002).

A pesar de que la ovinocultura mexicana ha ido mejorando su productividad, aun presenta problemas en el suministro de ovinos para abasto y en la uniformidad de la calidad del producto (Partida, 2009), ya que en México no se ha implementado un sistema oficial de clasificación de canales ovinas, tampoco hay estándares de calidad que definan los atributos de estas canales, y mucho menos se tiene información que relacione variables medibles en animales vivos con las características de su canal.

Por todo lo anterior, el objeto del presente trabajo fue caracterizar una muestra representativa de las canales ovinas que se producen en México y determinar sus propiedades, estableciendo la relación existente entre algunos parámetros medidos antes del sacrificio con las particularidades de la canal, para que el productor de ovinos cuente con más información sobre la calidad de la canal de

sus ovinos, y el transformador, tenga mayor certidumbre sobre la calidad de los animales que adquiere vivos para la faena.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Situación actual

En gran medida, la producción de carne ovina está basada en los sistemas pastoriles que se encuentran en todo el mundo, de los cuales destacan Australia y Nueva Zelanda, países que contribuyen con el 75% del comercio mundial de carne ovina (OCDE-FAO, 2014). Nueva Zelanda, con una producción anual de 488,000.00 toneladas de carne ovina, está considerado como el mayor exportador de carne de cordero, pues opera el 47% del comercio mundial del producto (Morris, 2009).

Por el otro lado, el principal destino de la carne de cordero en el año 2013 fue el mercado de la Unión Europea, el cual consumió el 40% del total de la producción mundial. No obstante, en los últimos años ha habido una mayor diversificación de las exportaciones a nuevos países del norte de Asia (China, Japón, Corea del Sur y Taiwán), los cuales ya consumen el 32% de la producción (Morris y Kenyon, 2014).

Es importante destacar que el mercado de carne ovina se rige por costumbres o tradiciones culturales; por ejemplo, en los países mediterráneos se consume un alto porcentaje de animales lechales, mientras que en otros como Alemania, Australia, Francia e incluso en el Reino Unido, prefieren canales ovinas más pesadas, y en los países asiáticos tienen el hábito de consumir animales más maduros “viejos” y engrasados (INIA, 2008).

En la actualidad, la preferencia es exportar cortes (“French Rack”, pierna, corte cuadrado de espaldilla, etc.) por su valor agregado y mayor precio, lo cual se hace más atractivo en ovinos más pesados (INIA, 2008).

En México, la ovinocultura está enfocada básicamente a la producción de carne, comercializándose ovinos en pie en su gran mayoría (Artiaga, 2007); durante el año 2015 se registró un sacrificio de 2,978,060 ovinos, con un peso vivo promedio de 39 kg y canales de alrededor de 20 kg. Sin embargo, no se ha podido satisfacer la demanda de carne de cordero en el país, por lo que se importa de 35 a 40% del consumo nacional aparente de carne ovina, principalmente proveniente de Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos (Cuellar *et al.*, 2012). Respecto a la forma de consumo, en México, se ha estimado que de la producción nacional y la carne ovina de importación, del 90 al 95% se consume en forma del platillo tradicional “barbacoa” (SIAP, 2015).

2.2 Aspectos que determinan la calidad de la canal

La “calidad” no es un término fácil de definir, porque en ella interviene un conjunto de características cuantitativas y cualitativas, cuya importancia relativa confiere a la canal una máxima aceptación y un mayor precio frente a los consumidores o frente a la demanda del mercado (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005; Warner *et al.*, 2010).

En este sentido, un sin número de factores pueden modificar la calidad de la carne de cordero, los cuales se pueden dividir en extrínsecos (del ambiente) como el sistema de producción, la alimentación, el clima, etc. (Wilches *et al.*, 2011) y factores intrínsecos (del animal) como el peso, el sexo y la raza, tal como fue revisado por Hopkins *et al.* (2011).

Mientras que algunas estimaciones de heredabilidad, para diferentes características, han sido reportadas en ovinos, hay pocos estudios publicados sobre las correlaciones genéticas y fenotípicas con las características de

producción, con las particularidades de la canal o con la calidad de la carne, por lo que se necesita información sobre la heredabilidad, y el grado de la relación entre las variables *in vivo* y las variables *pos mortem*, para identificar su importancia en programas de mejoramiento animal que incrementen la productividad y la calidad de la carne de cordero (Mortimer *et al.*, 2014).

Contar con parámetros que contribuyan a mejorar la calidad de la carne de cordero será una importante herramienta, aunque, determinar las características de los componentes importantes para consumir carne ovina de calidad, será una tarea compleja (Pethick *et al.*, 2011). Las características idóneas que debe presentar una canal son:

- La mínima proporción de hueso que sea suficiente para mantener las masas musculares.
- Una masa muscular de morfología adecuada que se distribuya preferentemente en las regiones anatómicas de mayor valor comercial.
- Un estado de madurez y una distribución del tejido conjuntivo suficientes para sostener las estructuras de los músculos y mínima para conferir a la carne una adecuada ternura y jugosidad.
- Un estado de engrasamiento mínimo pero suficiente para una buena conservación y transporte, y para proporcionar a la carne propiedades sensoriales óptimas.
- Un color y consistencia del músculo, y de la grasa, acordes con las preferencias del consumidor.
- Un rendimiento al despiece alto, principalmente de aquellas piezas con mayor aptitud culinaria.
- Un sabor apropiado de la carne, acorde con las preferencias del consumidor.

2.2.1 Sistemas de producción

En México, el clima es muy variado por las diversas condiciones atmosféricas y meteorológicas existentes, pero en general, según la temperatura podemos decir que el clima es cálido, templado o frío; y de acuerdo con la humedad se puede dividir en húmedo, subhúmedo, seco y muy seco (SEMARNAT, 2016). Estos factores, además de los aspectos económicos y culturales que se presentan en el país, han traído como consecuencia el desarrollo de diferentes sistemas de producción de ovinos, dentro de los cuales se cuenta con sistemas intensivos, semiintensivos y extensivos.

Sistemas de producción intensiva. La producción intensiva puede ser realizada en pastoreo tecnificado, donde las ovejas pastorean unas cuantas horas, o en completa estabulación, donde los animales se mantienen confinados en corrales que cuentan con todo el equipo necesario para su cuidado, como pisos de “slats” elevados, sombra, comederos y bebederos automáticos. La alimentación se basa en el uso de dietas integrales o de forraje de buena calidad (heno de cereales, leguminosas, alfalfa, etc.), complementados con alimento concentrado cuya cantidad depende de la etapa productiva, por lo cual los animales logran ganancias de pesos elevadas en un corto período de tiempo. En este sistema se cuenta con buenos manejos, alimenticio, reproductivo y sanitario, por lo cual se tiene una mínima mortalidad de los animales (Partida *et al.*, 2013).

Sistema de producción semiintensivo: También conocido como “diversificado”, esto es porque además del pastoreo, los ovinos reciben complementos alimenticios, pastorean en potreros o plantaciones de árboles (frutales, maderables, etc.), además de recibir esquilmos agrícolas, cereales de la región o incluso alimento comercial. Los ovinos pastan en las primeras horas de la mañana y regresan en la tarde, antes del anochecer, o incluso algunos se mantienen en la

pradera. En estos sistemas también se tienen algunos cuidados sanitarios y se lleva a cabo el manejo reproductivo del rebaño (Gaspar *et al.*, 2008).

Sistemas de producción extensiva: Los ovinos pastan especies nativas en tierras comunales no aptas para la agricultura, como regiones montañosas o semidesérticas, siendo este sistema el más utilizado en todo el mundo (Zervas y Tsiplakou, 2011). Los animales se encuentran en un solo rebaño que incluye hembras, machos y crías, no cuentan con ningún control reproductivo o sanitario, el número de corderos producidos y vendidos es muy bajo a casusa de enfermedades y robos. Tampoco reciben algún complemento alimenticio, solo en algunas ocasiones se proporcionan esquilmos o subproductos agrícolas de la región. Las instalaciones, si las hay, son rústicas, con poca higiene, y para su construcción se utiliza material de la misma zona (Galaviz *et al.*, 2011).

Los sistemas de producción, y principalmente la alimentación, puede afectar la tasa de crecimiento y, por lo tanto, la composición de la canal y el grado de engrasamiento (Lewis *et al.*, 2002). Sañudo *et al.*, (2000) reportaron que los corderos alimentados con pastizales disminuyen su grado de engrasamiento, lo cual los hace más aceptables para el consumidor, además de que el color de su grasa tiende a ser amarillento por los carotenoides de los forrajes (Priolo *et al.*, 2002); sin embargo, los corderos que solo son alimentados con concentrado alcanzan su peso de matanza en un periodo más corto (Mustafa *et al.*, 2008).

Pérez *et al.*,(2007) encontraron que en el sistema de alimentación semiestabulado, comparado con el sistema de alimentación en pastoreo, permite una mejora en los rendimientos y en las variables fisicoquímicas de la canal ovina, pero esta mejora solo se presenta a los 56 días de edad.

2.2.2 Genotipo y edad cronológica

La raza es un factor que afecta la calidad de la canal porque determina la madurez del animal; hay razas ovinas de madurez temprana y de madurez tardía, las primeras alcanzan su peso adulto a una corta edad, mientras que las segundas tardan un mayor tiempo en llegar al peso maduro (Sañudo *et al.*, 1997; Cloete *et al.*, 2004); estas variaciones en la madurez, afectan algunas características de la canal como el peso, la conformación, la muscularidad y el estado de engrasamiento. Por lo anterior, es importante considerar este factor cuando se comparan diferentes razas a un mismo peso o edad, ya que las más precoces o de formato adulto menor, habrán alcanzado mayor grado de madurez y, por lo tanto, tendrán mayor cantidad de grasa que aquellas razas más tardías. Es decir, las razas de madurez precoz, son aquellas que depositan una mayor cantidad de grasa corporal a una corta edad, y las razas de madurez tardía, continúan desarrollando músculo durante un mayor periodo de tiempo, por lo que su peso maduro tiende a ser superior. Si se consideran estos conceptos, se puede saber lo que se obtendrá de una forma más precisa al momento de la evaluación (Beerman *et al.*, 1995; Partida *et al.*, 2011; Hopkins *et al.*, 2011).

Cuadro 1. Algunas características corporales de las razas ovinas más comunes.

Raza	Tipo de raza según su madurez	Tamaño adulto	Peso al sacrificio (kg)	Peso de la canal (kg)	Rendimiento en canal (%)
Blackbelly	Precoz	Chico	35	15.75	45
Border Leicester	Tardía	Grande	50	25.00	50
Cheviot	Precoz	Chico	35	16.80	48
Charollais	Precoz	Mediano +	45	23.40	52
Colombia	Tardía	Grande	55	29.15	53
Dorper	Precoz	Mediano	50	23.40	52
Dorset	Intermedia	Mediano +	50	26.00	52
Hampshire	Intermedia	Grande	55	29.15	53
Katahdin	Intermedia	Mediano	40	20.00	50
Merino	Intermedia	Mediano -	45	22.50	50
Pelibuey	Intermedia	Mediano +	45	22.05	49
Rambouillet	Tardía	Grande -	55	28.60	52
Romney Mash	Intermedia	Mediano +	45	22.50	50
Polypay	Intermedia	Mediana +	45	22.95	51
Romanov	Precoz	Chico	35	16.80	48
Southdown	Intermedia	Mediano -	40	20.40	51
Suffolk	Tardía	Grande	55	29.15	53
Texel	Intermedia	Mediano +	45	22.90	51

Modificado de Thomas (2008); Partida et al. (2013).

La raza también puede afectar otras características de la canal como es el pH y la composición o perfil de los ácidos grasos de la grasa intramuscular de la carne (Ramírez y Morales, 2014). También Hoffman *et al.* (2003) encontraron diferencias, entre razas y sus cruza, en los valores del pH y la composición de ácidos grasos en la carne, especialmente en las grasas monoinsaturadas.

Asimismo, Díaz *et al.* (2005) observaron diferencias entre las cruzas en la grasa intramuscular del músculo del lomo; sin embargo, esta variación se confunde por las diferencias originadas entre los sistemas de producción.

Otro factor que también es modificado por el efecto de la raza es la concentración de los minerales Zn, Fe, K, Mg en la carne, además de otros (Hoffman *et al.*, 2003; Pearce *et al.*, 2009; Pannier *et al.*, 2010). No obstante, estas diferencias pueden estar influenciadas por otros factores como es la alimentación y el nivel de inclusión de ciertos ingredientes en la dieta (Okeudo *et al.*, 2005).

En resumen, independientemente de la raza, la edad cronológica del animal (en sistemas que no presentan carencias estacionales de alimento) puede tener una relación directa con el peso y el estado de engrasamiento, a mayor edad al sacrificio mayor peso corporal y de la canal, pero también mayor estado de engrasamiento (Pérez *et al.*, 2007), por eso existe la tendencia de sacrificar a los animales a una edad temprana, cuando los cortes como la pierna y el lomo presentan una menor cantidad de grasa y su palatabilidad es mejor que en animales viejos (Díaz *et al.*, 2006). La norma mexicana (NMX-FF-106-SCFI-2006) considera este factor en la clasificación de canales ovinas, diferenciando tres categorías de corderos, lechales, livianos y pesados, y dos tipos de borrego, primal y adulto. Después de la matanza es posible inferir la edad de un animal mediante la observación de la dentadura (Partida *et al.*, 2011).

2.2.3 Sexo

La calidad de la canal también depende del sexo del animal, esto es porque el grado de desarrollo muscular es mayor en los machos, con lo cual son más pesados, esto es debido a la acción anabólica de la testosterona, hormona esteroide cuyos efectos actúan como promotores del crecimiento (Hafez *et al.*,

2000). Contrariamente, en las hembras la pubertad se presenta a etapas de la vida más tempranas, por lo tanto, se engrasan antes que los machos (Miguel *et al.*, 2003).

Velasco *et al.* (2000) encontraron que las hembras presentan un mayor grado de engrasamiento corporal en comparación con los machos, principalmente en el depósito de la grasa visceral (pericárdica, omental, mesentérica, perirrenal) y subcutánea. Asimismo, varias características de la carne tales como la terneza y el color están relacionadas con el contenido de grasa intramuscular (Fahmy *et al.*, 1992); a medida que aumenta la cantidad de grasa intramuscular disminuye el contenido de agua que se encuentra en el músculo (Hoffman *et al.*, 2003). En estudios, al respecto, se ha determinado que las hembras presentan una mayor concentración de ácidos grasos poliinsaturados en comparación con los machos enteros (Ponnampalam *et al.*, 2014).

Respecto a la composición tisular de la canal, Cloete *et al.* (2004) y Butler-Hogg y Brown (1986) observaron que las hembras presentan mayor proporción de músculo en las piernas, mientras que los machos tienen una mayor proporción muscular en el cuello y la espalda. Cloete *et al.* (2012) observaron que los machos presentan carnes más duras en comparación con las hembras, además de que los machos presentaron menor grado de jugosidad en las carnes evaluadas, posiblemente por su menor cantidad de grasa corporal.

2.3 Evaluación de la canal ovina

La canal se define de acuerdo con la norma mexicana, NMX-FF106-SCFI-2006, como: **“el cuerpo del animal sacrificado desangrado y sin piel, abierto a lo largo de la línea media, desde el xifoides hasta el pubis; separado de la cabeza a nivel de la articulación atlanto-occipital, de los miembros anteriores**

sobre la articulación carpo-metacarpiana, y de los posteriores a la altura de la articulación tarso-metatarsiana; sin vísceras, excepto los riñones y la grasa perirrenal”.

Existen dos métodos para la evaluación de la canal ovina, a) uno que se aplica con procedimientos y criterios relativos o subjetivos; es decir, la apreciación se efectúa a simple vista, sin ningún tipo de medición, utilizando estándares de fotografías que se emplean como guía; así como criterios en los que se evalúa el tamaño, la conformación, el engrasamiento y el color (de la carne y la grasa) (Díaz-Chirón, 2001; Partida, 2009); b) el otro método considera otros procedimientos de evaluación con criterios objetivos, en los cuales se utilizan instrumentos, aparatos y equipo de laboratorio, que proporcionan datos e información específicos de cada una de las variables (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005).

2.3. 1 Medidas subjetivas de la canal

a) Estado de engrasamiento

El estado de engrasamiento es el principal factor que determina el valor comercial de la canal (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005), el estado de engrasamiento óptimo de la canal ovina es el que combina la cantidad mínima de grasa para satisfacer los gustos del consumidor (sabor y jugosidad de la carne) con la cantidad suficiente para asegurar las condiciones de su conservación (Díaz- Chirón, 2001; Partida *et al.*, 2011).

Para determinar el estado de engrasamiento de la canal se emplean patrones fotográficos, con una puntuación de acuerdo con los diferentes tipos que se tiene para cada clasificación (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2000).

De acuerdo con la Unión Europea (UE) para la clasificación del estado de engrasamiento para canales ovinas de más de 13 kg, se consideran cinco categorías, donde 1 es una escasa cobertura grasa y 5 una excesiva cobertura grasa (Figura 1).

Figura 1. Patrones fotográficos adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos superiores a los 13 kg según su estado de engrasamiento.



El grado de engrasamiento de la canal ovina también se evalúa a partir de la visualización del recubrimiento graso de los riñones y de la cavidad pelviana, debido a que la grasa pélvico-renal presenta una correlación muy alta con el peso de la grasa total de la canal (Boccard *et al.*, 1976). Para esta valoración se utiliza el método propuesto por Colomer-Rocher *et al.* (1988), el cual consta de tres puntos (1-3), cada uno de los cuales se subdivide en otros tres, así, la escala queda conformada por nueve puntos; -1, 1, +1; -2, 2, +2; -3, 3, +3.

1: Poca cantidad. Los riñones están cubiertos de grasa en su extremo caudal. La cavidad pelviana está cubierta por una fina capa de grasa pélvico-renal.

2: Cantidad normal. Riñones parcialmente cubiertos, sobre todo el izquierdo. El derecho está descubierto en su extremo craneal. La grasa de la cavidad pelviana es aparente y de mediano espesor, en capa uniforme.

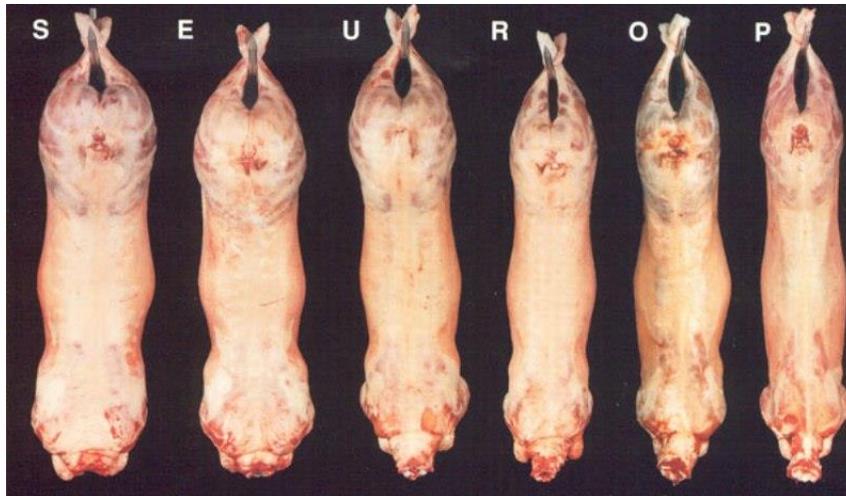
3: Mucha cantidad. Ambos riñones están totalmente cubiertos por una capa muy gruesa. En la cavidad pelviana hay acúmulos grasos en forma de racimos gruesos muy aparentes.

b) Conformación

La conformación de la canal es la forma general de la misma, la que está determinada por su grado de redondez y de compacidad. En una canal bien conformada debemos encontrar un predominio de perfiles convexos sobre los cóncavos, y de las medidas de anchura sobre las de longitud, dando la impresión de una canal ancha, corta y compacta (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005).

En la valoración subjetiva de la conformación se evalúa el desarrollo de los perfiles de la canal, pero se tiene particular atención en las partes esenciales de la misma (cuartos traseros, lomo, paletilla) (Díaz-Chirón, 2001). En el Reglamento (CEE) 2137/92 del Consejo para canales ovinas se presenta una escala de conformación, que se utiliza solo para canales mayores de 13 Kg. Consta de 6 clases, SEUROP, siendo la clase P para las canales peor conformadas y la S para las de conformación superior (Figura 2).

Figura 2. Patrones fotográficos adoptados por la UE para la clasificación de las canales de corderos superiores a los 13 kg según su conformación.



Para poder ser incluida en la clase S o E, la canal de conformación superior o excelente respectivamente, no deberá presentar ningún defecto en sus partes esenciales. Cuando las canales de conformación U, R, O, P no presentan un carácter homogéneo en sus tres partes esenciales, éstas se incluirán en la clase a la que correspondan dos de dichas tres partes (Delfa *et al.*, 1998).

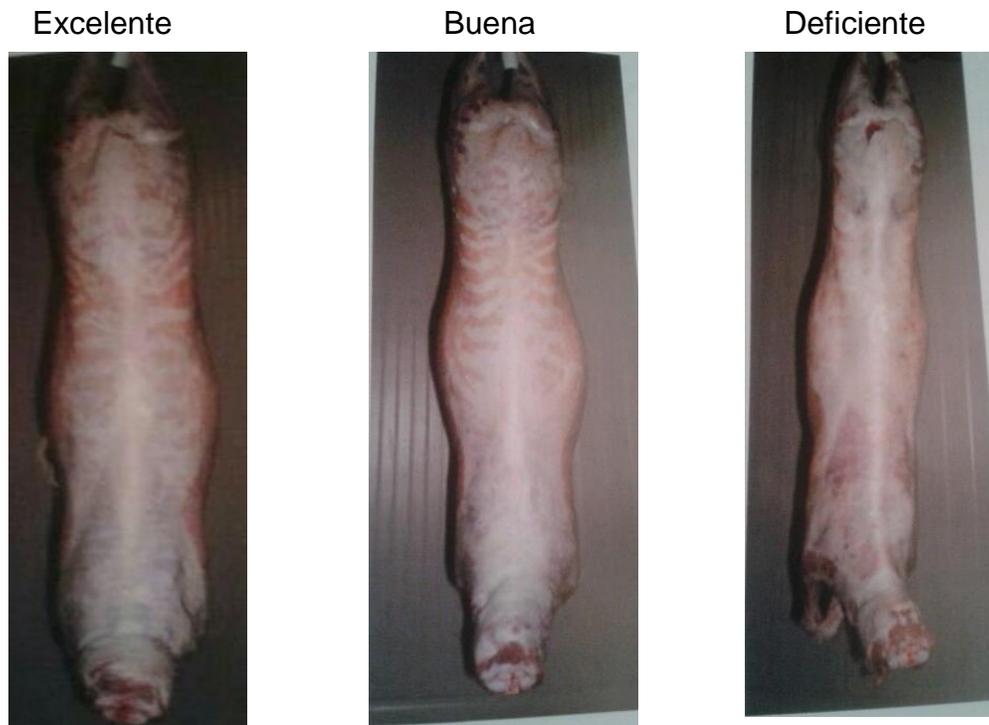
En México se utiliza la norma NMX-FF-106-SCFI-2006 para clasificar las canales ovinas de acuerdo con diferentes criterios, entre los que se incluyen tres tipos de conformación:

Excelente. Canales con músculos gruesos y amplios en comparación con la longitud de la misma, con un amplio llenado de las piernas y los cuartos delanteros.

Buena. Canales con músculos moderados en comparación con la longitud de la misma, con piernas y cuartos delanteros moderadamente delgados.

Deficiente. Canales con músculos delgados en comparación con la longitud de la misma, con piernas y cuartos delanteros delgados y cóncavos (Figura 3).

Fotografía 3. Tipos de conformación en la canal ovina de acuerdo con la norma mexicana (fotografías publicadas en la Norma Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006).



c) Color de la carne

El color de la carne depende de la concentración de pigmentos cárnicos (fundamentalmente mioglobina), del estado químico de la mioglobina en la superficie de la estructura y estado físico de las proteínas musculares, así como de la proporción de la grasa de infiltración (Delfa *et al.*, 1998). Los factores que inciden en la variación del color de la canal ovina son la edad, la raza, el sexo y el tipo de alimentación.

La edad, es uno de los principales factores que influye sobre la cantidad de pigmento presente en el músculo, ya que con la edad del animal aumenta también la cantidad de mioglobina, incrementándose así la intensidad de color (Albertí, 2000).

Para canales menores de 13 kg, la Unión Europea utiliza patrones fotográficos de la coloración de *m. Rectus abdominis* a la altura de la ijada (rosa pálido, rosa, otros colores) (Delfa *et al.*, 1998) (Figura 4).

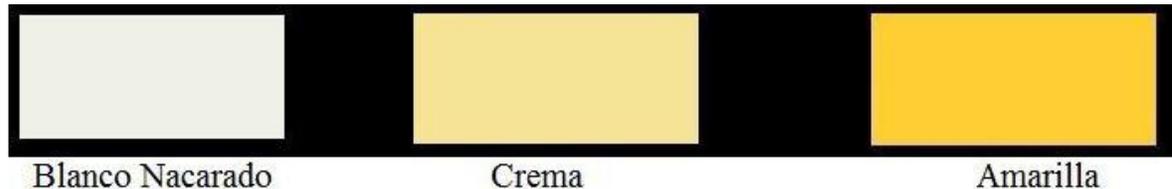
Figura 4. Patrones fotográficos para la clasificación de las canales de cordero menores a 13 kg según el color del músculo *Rectus abdominis*.



d) Color de la grasa subcutánea

Fundamentalmente, el color de la grasa subcutánea se debe a la alimentación recibida. Los pigmentos responsables del color son básicamente las xantofilas y los carotenos, de los cuales, la luteína genera el color amarillo, además de que es el único carotenoide almacenado en el tejido adiposo del ovino. El desarrollo de la grasa subcutánea se utiliza para juzgar el estado de engrasamiento del animal vivo y para estimar la cantidad de grasa de la canal, además el color y la consistencia permiten clasificar las canales en niveles de calidad (Díaz- Chirón, 2001). El color subjetivo de la grasa se determina por la visualización del acúmulo graso subcutáneo de la base de la cola (Figura 5).

Figura 5. Patrones fotográficos para determinar el color de la grasa subcutánea.



2.3.2 Medidas objetivas de la canal

a) Peso de la canal

El peso de la canal posee una relación directa con la cantidad de los tejidos que conforman la canal (músculo, grasa y hueso), los cuales influyen directamente en su calidad y precio (Arbiza *et al.*, 1996). Según la norma para la clasificación de canales ovinas que se tienen en México (NMX-FF-106-SCFI- 2006), las canales se pueden agrupar, según su peso y el tipo de borrego del que provienen, en cinco distintas categorías:

- 1) Cordero lechero (hasta los 6 kg), estas canales pertenecen a corderos que no sobrepasan los 45 días de edad y tienen un peso al sacrificio de hasta 12 kg.
- 2) Cordero liviano (hasta 18 kg en canal) y se origina de un animal que tiene dientes temporales y un peso al sacrificio de hasta 38 kg.
- 3) Corderos pesados (más de 18 kg en canal) proceden de corderos que tienen dientes temporales y un peso de más de 38 kg.
- 4) Borrego primal (no hay límite en el peso de la canal ni en el peso vivo al sacrificio) y derivan de borregos que tienen de uno a cuatros incisivos permanentes.
- 5) Borregos adultos (no hay límite en el peso de la canal ni en el peso de sacrificio) resultan de borregos que tienen de cinco a ocho incisivos permanentes.

b) Rendimiento en canal

El rendimiento en canal, o rendimiento a la faena, es la proporción de cuerpo del animal que será comercializado como “carne”; es decir, la relación entre el peso de sacrificio del animal y el peso de la canal, ya sea caliente o fría ($RC = \text{peso de la canal} / \text{peso vivo} \times 100$) (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005; Partida *et al.*, 2011).

Se puede expresar como rendimiento verdadero al considerar el peso vivo vacío (peso del animal sin el contenido gastrointestinal) en lugar del peso vivo ($RV = \text{peso de la canal} / \text{peso vivo vacío} \times 100$). El rendimiento de la canal puede aumentar con la edad y peso del animal; no obstante, un alto rendimiento de la canal no es equivalente a un alto rendimiento magro (Vázquez *et al.*, 2011).

En estudios realizados en España se ha observado que animales en desarrollo, en los que aún no ha crecido en demasía su tubo gastrointestinal, poseen un mejor rendimiento en canal que animales adultos con alto peso visceral (Sañudo, 2008).

Esto se explica debido a que en el peso vivo de sacrificio se toma en cuenta también el peso del tubo gastrointestinal, de las vísceras y de su contenido (Owens *et al.*, 1993; Owens *et al.*, 1995).

c) Morfometría de la canal ovina

La evaluación morfométrica, es la medición de la forma que tiene la canal, se toman medidas tanto de su parte externa como de la interna. Existen varias mediciones que se llevan a cabo en el exterior de la canal entera, las cuales se describen a continuación (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005).

Perímetro de la grupa (*medida B*).- Es la circunferencia que existe a nivel de los trocánteres de ambos fémures. El perímetro de la grupa esta correlacionado con el peso del músculo y sirve para estimar la proporción de grasa de la canal.

Anchura de la grupa (*medida G*).- Es la anchura máxima entre los trocánteres de ambos fémures. Se toma con un compás de espesores o pelvómetro.

Anchura del tórax (*medida W*).-Es la amplitud máxima que existe entre las costillas.

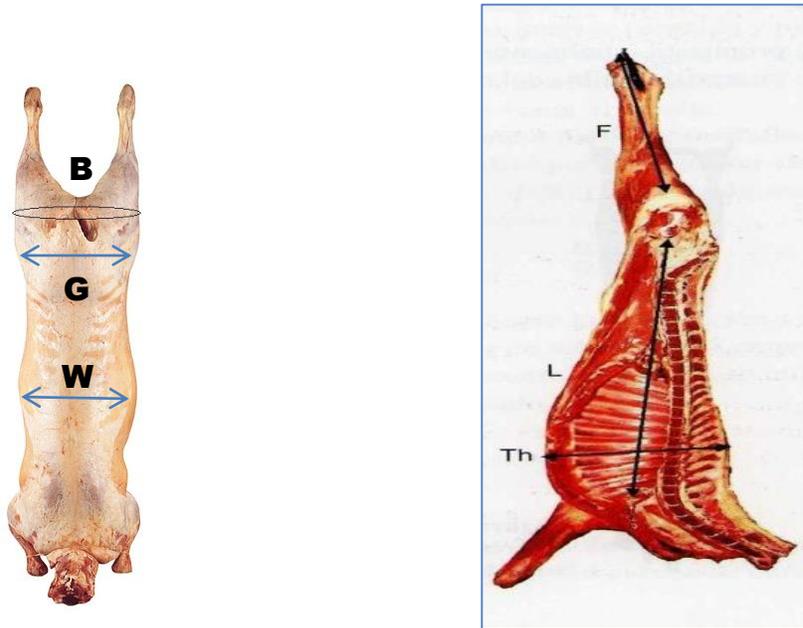
Medidas internas de la media canal. Se toman sobre la media canal izquierda después de que la canal competa ha sido dividida en forma longitudinal a lo largo de la columna vertebral y se mantiene colgada del corvejón.

Longitud interna de la canal (*medida L*).- Es la distancia máxima entre el borde anterior de la sínfisis isquio-pubiana y el borde de la primera costilla en su punto medio.

Longitud de la pierna (*medida F*).- Es la distancia entre el punto más caudal del periné y el punto más distal del borde medio de la superficie articular tarso-metatarsiana.

Profundidad interna del tórax (*medida Th*).- Es la distancia máxima entre el esternón y el dorso de la canal a la altura de la sexta vértebra torácica.

Figura 6. Medidas en la canal completa y medida canal izquierda (tomada de Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005)



B=Perímetro de la grupa; G=Anchura de la grupa; W=Anchura del tórax; F=Longitud de la pierna; L=Longitud interna de la canal; Th=Profundidad interna del tórax.

d) Índices de compacidad

A partir de las medias anteriores se pueden calcular índices, que ayudan a tener una mejor caracterización de la canal (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005).

-Índice de compacidad de la pierna. Es el cociente entre la anchura de grupa y la longitud de la pierna (G/F) (Palsson, 1939).

-Índice de compacidad de la canal. Es el cociente entre el peso de la canal fría (kg) y la longitud interna de la canal (cm). También se denomina índice de carnosidad y sirve para valorar la distribución de la carne y la grasa en la canal (Thwaites *et al.*, 1964).

e) Composición regional de la canal

Para evaluar la composición regional de la canal, esta es dividida, mediante el proceso de despiece, en diferentes secciones o trozos en función de sus características anatómicas, lo cual facilita su comercialización (Díaz-Chirón, 2001). Por ejemplo, en México, no existe un método estandarizado de despiece, sino que se emplean canales completas o medias canales para la elaboración de barbacoa, las cuales se cortan de manera convencional al momento de servir este platillo típico (Partida *et al.*, 2011).

Por otro lado, en países como Uruguay, donde la forma más común de consumo de la carne son los asados, el método de corte tiene como fin la obtención de chuletas de un grosor que facilite su cocimiento (INIA, 2008). Pero de forma general, y dependiendo de su calidad comercial, se puede dividir la canal en cortes primarios y secundarios (Hernández *et al.*, 2012).

En los cortes primarios, la canal se divide en 6 piezas que son: 1) mitad delantera (hasta la 5ª costilla), 2) costillar (Rack), 3) falda y costilla baja, 4) lomo (silla), 5) cadera, 6) pierna; o también se puede dividir en tercios (delantero, medio y trasero), de los cuales se obtienen los cortes secundarios: 1) en el tercio delantero está el pescuezo/rueda delantera, la espaldilla, y el chamorro/osobuco; 2) del tercio medio se obtiene el costillar o Rack de 8 costillas (americano o francés), la costilla cargada o tipo Denver, la falda; 3) por último, en el tercio trasero se corta el lomo entero (silla), pierna entera, pierna sin hueso, pierna corte cuadrado y osobuco o chamorro de pierna (Hernández *et al.*, 2012).

f) Composición tisular de la canal

Para evaluar la composición tisular de la canal se mide la cantidad de los diferentes tejidos que la conforman, y sin duda, el método más empleado para determinarla es la disección, que puede ser de la canal completa o solo de la media canal izquierda, pero debido al costo que se tiene y al esfuerzo que esto representa, se han evaluado diferentes partes de la canal (chuletas, pierna y espaldilla), como posibles predictores de su composición. En este sentido, la pieza que mejor resultados ha mostrado es la espaldilla, porque se tiene una correlación alta entre su composición y la composición corporal (Camacho *et al.*, 2011). Para la evaluación tisular, se emplea la espaldilla izquierda, la cual se separa en cada uno de los tejidos que la constituyen como son músculo, hueso y grasa (subcutánea e intermuscular), además de los desechos que incluyen las fascias, tendones, vasos sanguíneos, nervios y linfonodos. Después de separar los diferentes tejidos, se pesa cada uno de ellos, y se expresa el resultado en valores absolutos (kg) o relativos (porcentaje) con respecto al peso total de la espaldilla (Partida *et al.*, 2011).

Como se mencionó anteriormente, la cantidad y proporción de la masa muscular, la grasa y el hueso, puede variar por factores como el genotipo, el sexo, la alimentación y la edad del animal (Cañeque y Sañudo, 2005).

g) Dimensiones del músculo *Longissimus dorsi*

En la valoración del músculo *L. dorsi* se mide el diámetro mayor, el diámetro menor, el espesor de la grasa subcutánea y la superficie muscular en un corte transversal que se hace a la altura de la 13^a vértebra torácica (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005). Este músculo corresponde al costillar-lomo, del cual se obtiene el “Rack Francés”, que es uno de los cortes más apreciados de la canal, el cual puede

corresponder sólo a 5-7% del peso total de la canal, pero representar entre el 20 y 28% de su valor comercial total (Partida *et al.*, 2011).

h) Medición del espesor de la grasa subcutánea

Para valorar la grasa subcutánea, sin necesidad de extraer el músculo *Longissimus dorsi*, se puede emplear una regla, que se introduce en la canal, entre la 12ª y la 13ª costilla, a una distancia de 4 cm de la línea media dorsal. Para esto, previamente, se realiza una incisión que permita la introducción de la mencionada regla (NMX-FF-106-SCFI-2006).

De acuerdo con la norma NMX-FF-106-SCFI-2006 “Productos Pecuarios-Carne de Ovino en Canal-Clasificación”, la grasa de cobertura se mide con una regleta de acero inoxidable sobre la duodécima costilla, a una distancia de 11 cm de la línea media dorsal, pero en esta zona la grasa es más abundante. Se puede hacer la medición, tanto en el lado izquierdo como el derecho de la canal.

Se recomienda hacer la medición en la canal después de mantenerla en refrigeración durante 24 h, pero si esto no es posible, cuando menos se debe introducir la canal a un refrigerador (4 °C) durante un periodo de 1.5 a 2 horas, para lograr que la grasa se enfríe y solidifique, de manera que sea más fácil su manipulación y más precisa su medición.

Para los efectos de la norma mexicana de evaluación de canales ovinas, las canales se pueden clasificar en los siguientes grados de calidad:

México Extra (**MEX EXT**).- Son aquellas canales procedentes de:

- Cordero lechal.
- Corderos livianos con grasa superficial de 1 a 3 mm y conformación excelente.

- Corderos pesados con grasa superficial de 3 a 6 mm y conformación excelente.

México 1 (**MEX 1**).- Son aquellas canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 a 3 mm y conformación buena, con grasa superficial de 4 a 6 mm y conformación excelente o buena.

- Corderos pesados con grasa superficial de 3 a 6 mm y conformación buena; con grasa superficial de 7 a 10 mm y conformación excelente o buena.

- Borrego primal con grasa superficial de 5 a 10 mm y conformación excelente.

México 2 (**MEX 2**).- Son aquellas canales procedentes de:

- Corderos livianos con grasa superficial de 1 a 3 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 4 a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 a 10 mm y conformación excelente, buena o deficiente. - Corderos pesados con grasa superficial de 3 a 6 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 7 a 10 mm y conformación deficiente; con grasa superficial de 11 a 15 mm y conformación excelente, buena o deficiente.

- Borrego primal con grasa superficial de 5 a 10 mm y conformación buena; con grasa superficial de 11 a 15 mm y conformación excelente o buena.

- Borrego adulto con grasa superficial de 5 a 15 mm y conformación excelente.

Fuera de Clasificación (F/C).- Son aquellas canales que quedan fuera de los grados de calidad antes mencionados.

2. 4 Técnicas de predicción de la composición tisular de la canal ovina

La determinación de la composición corporal de los animales y, más concretamente, la valoración de los componentes de sus canales tiene una larga historia, como lo muestra un estudio sobre la composición de los animales de abasto realizado por Lawes y Gilbert (1860) hace ya 157 años (Delfa *et al.*, 2005).

Existe una extensa bibliografía sobre técnicas o métodos que permiten predecir la composición corporal de la canal de los animales de abasto (Delfa *et al.*, 2005).

Como ejemplos de estas técnicas se tiene la caracterización visual, mediciones corporales, ultrasonido, tomografía axial computarizada y rayos x, así como la combinación de esas técnicas (Lambe *et al.*, 2008; Karamichou *et al.*, 2006; Navajas *et al.*, 2006). Utilizando estos métodos de predicción se estudia la canal y sus tejidos de una manera no destructiva (Kongsro *et al.*, 2008). Dentro de estas técnicas de predicción existen dos tipos de evaluaciones, las *ante mortem* y las *pos mortem* (Delfa *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2012).

En las mediciones *ante mortem*, se han utilizado las medidas zoométricas en animales vivos como predictores de la composición tisular de la canal, así como en el procedimiento de cría y selección (Cam *et al.*, 2010). Entre estas se consideran: longitud de pierna, perímetro torácico, anchura del tórax, profundidad de tórax, anchura de grupa, altura a la cruz, altura a la grupa, largo del cuerpo, perímetro de la caña, ancho del pecho (Stewart *et al.*, 2002; Alcalde *et al.*, 2005; Luaces *et al.*, 2008; Hernández *et al.*, 2012).

Algunos autores han indicado que el peso vivo presenta algunas deficiencias como indicador de la composición corporal, debido a la incapacidad para distinguir entre diferentes estados de madurez fisiológica (Fortin *et al.*, 1986; Stanford *et al.*, 1985; Cavanagh *et al.*, 2010).

Además, también se efectúan apreciaciones visuales de la condición corporal, las cuales dan información con base en el criterio y experiencia del evaluador; por lo tanto, están sujetas a mayor error al momento de obtener los resultados. La apreciación visual de la conformación de los animales vivos, es el camino más antiguo de recopilación de información para la selección, y jugó un rol central en muchas asociaciones de criadores (Janssens y Vandepitte, 2004; Birteed y Ozoje, 2012).

El uso del ultrasonido en la producción animal es una herramienta que ha sido utilizada para medir el espesor de grasa dorsal y las dimensiones del músculo *Longissimus dorsi*, los cuales son utilizados para estimar la calidad de las canales en los animales vivos (Grill *et al.*, 2015), con los valores resultantes de las mediciones se han propuesto criterios para seleccionar a los futuros reproductores (Bianchi *et al.*, 2006).

La tomografía axial computarizada también ha demostrado que tiene un gran potencial para la evaluación temprana y precisa en animales vivos, tanto para determinar el engrasamiento de la canal, como para estimar la musculatura (Macfarlane *et al.*, 2004; Macfarlane *et al.*, 2006).

Por otra parte, las mediciones *pos mortem* se realizan directamente sobre la canal o sobre alguna de sus partes, por lo que se requiere matar al animal para poder realizarlas. Hay métodos invasivos y no invasivos que son sencillos y mejoran la exactitud de la predicción (Kempster *et al.*, 1987; Delfa *et al.*, 1996; Hopkins y Fogarty, 1998; Díaz *et al.*, 2004; Miguel *et al.*, 2007). Por ejemplo, el simple peso de la canal suele darnos una idea de la condición de una canal (Carrasco *et al.*, 2009).

En este contexto, numerosos autores han empleado las medidas de conformación y de engrasamiento, por ejemplo Safari *et al.* (2001) informaron que la medición de la profundidad de la grasa subcutánea en la quinta costilla, proporciona una predicción más exacta de la cantidad de carne magra que la predicción basada en ultrasonido sobre la 12^a costilla.

Muchos sistemas de clasificación de canales, especialmente para bovinos productores de carne, utilizan el grado de marmoleo como un factor importante en la predicción de la composición de la canal, debido a que el grado de infiltración de

grasa intramuscular determina la calidad de la carne (Hocquette *et al.*, 2010). De acuerdo con Mullen (2002) las mediciones deben tomarse dentro de las 24 a 48 h después de la matanza, y según Koohmaraie *et al.* (2005) y Swatland (2002) deben ser no destructivas, no invasivas, de bajo costo y tener potencial para su automatización en un sistema de medición robusto y preciso.

La composición de las piezas obtenidas tras el despiece, también puede ser un indicador de la composición de la canal. Por ejemplo, la disección de la media canal izquierda, pero algunos investigadores han optado por estimar la composición a partir de la disección de la espalda, dados los elevados coeficientes de correlación entre su composición y la de la canal (Boccard *et al.*, 1976; Diestre, 1985; Sañudo, 1980), aunque la valoración de la composición de la canal, a través de esta pieza, maximiza la cantidad de músculo y minimiza la de grasa (Sañudo, 1980; López, 1987; Sañudo *et al.*, 1989). Sin embargo, Boccard *et al.* (1976) señalaron que la pierna, en primer lugar, y la espalda, en segundo, poseen un elevado valor predictor, pero estos autores, al igual que Diestre (1985) recomendaron usar la espalda debido a su menor precio en el mercado.

Kempster (1981) señaló que la predicción a partir de una pieza es más exacta que la obtenida a partir de otras mediciones; además, se ha demostrado que la disección es más precisa para determinar el contenido de carne magra de las canales (Nissen *et al.*, 2006), pero algo más pobre con respecto a la repetibilidad y fiabilidad con respecto a la grasa y el músculo (Johansen *et al.*, 2007). Diferentes autores (Ruiz de Huidobro *et al.*, 1994; Díaz, 2004; Miguélez *et al.*, 2006; Luaces *et al.*, 2008) han realizado trabajos para conocer la composición tisular de la canal a partir de ecuaciones de predicción, obtenidas de las piezas de la canal, cuya composición tisular está altamente correlacionada con la de la canal, pero es conveniente obtener ecuaciones de predicción para cada uno de nuestros genotipos autóctonos, para evitar los errores que conlleva la aplicación de otras

ecuaciones que fueron calculadas para otros genotipos y rangos de peso (Luaces *et al.*, 2008).

En conjunto con las medidas zoométricas, se han analizado mediciones de ultrasonografía que muestran una alta correlación entre la medida del área del ojo de lomo (el cual es un indicador de la proporción muscular), el espesor de la grasa dorsal (que es indicador del grado de finalización del animal y la calidad de la canal), en combinación con el peso vivo (el cual se puede utilizar para estimar el rendimiento en canal y rendimiento magro) (Davis *et al.*, 1964; Silva *et al.*, 2005; Bedhief y Djemali, 2006; Wolf *et al.*, 2007).

3. JUSTIFICACIÓN

La canal, es la unidad básica de comercialización que se emplea en la cadena de valor de la carne de especies pecuarias, su uso facilita mucho las transacciones, sobre todo en el mercado internacional (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005). Sin embargo, en México, la mayoría de las especies pecuarias se siguen comercializando con el animal en pie; por lo tanto, el mismo productor como el procesador, mantienen un alto grado de incertidumbre sobre los atributos de la calidad de la canal y de la carne de las especies animales comercializadas.

Los resultados del presente proyecto, generaran información de gran utilidad para los diferentes actores, productores primarios, introductores, procesadores, comerciantes, etc., involucrados en los distintos eslabones de la cadena de valor de la carne de la especie ovina que se produce y comercializa en México.

4. HIPÓTESIS

Existen parámetros *ante mortem* que están correlacionados con las características de la canal y la calidad de la carne en ovinos producida y comercializada en México.

5. OBJETIVO GENERAL

Identificar, mediante análisis estadísticos específicos, las mejores correlaciones existentes entre diferentes parámetros *ante mortem* con algunas características de las canales y calidad de la carne ovina que se producen en México.

5.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar las variables *ante mortem* y *pos mortem* con mayor grado de asociación, y obtener la correlación simple que existe entre ellas, así como sus ecuaciones de predicción generadas mediante análisis de regresión lineal múltiple.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo se realizó en el Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, INIFAP, que se ubica en el municipio de Colón perteneciente al estado de Querétaro.

Se evaluó una muestra de 1,000 canales ovinas, de las cuales, 750 cumplieron con todas las variables evaluadas. Las canales procedían de animales criados en las tres principales regiones productoras del país: Norte (Coahuila, Chihuahua y Sinaloa), Centro (Estado de México, Hidalgo, Guanajuato, Jalisco, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí y Zacatecas) y Sur (Chiapas, Tabasco, Veracruz y Yucatán). Las variables registradas *ante mortem* fueron: genotipo, sistema de producción, peso vivo a la matanza, localidad de procedencia y sexo. Los parámetros *pos mortem* evaluados fueron: peso y rendimiento de la canal (en caliente y frío), morfometría de la canal, las dimensiones del músculo *Logissimus dorsi*, la conformación de la canal y el espesor de la grasa subcutánea.

Antes de la matanza de los ovinos se registró el sexo, genotipo y procedencia, así como el sistema de producción del cual provenían. Posteriormente, se registró el peso vivo, empleando las básculas disponibles en cada uno de los lugares de matanza, por lo que se usaron modelos y marcas diferentes. Los pesos de los ovinos variaron entre 30 y 60 kg.

Los ovinos fueron sacrificados de acuerdo con los métodos comerciales de cada rastro o lugar de matanza. Posteriormente, se desollaron, evisceraron y se retiró la cabeza y las patas. Después, se pesaron las canales para obtener el peso en caliente, y después de cuatro horas de oreo se refrigeraron durante 24 horas a 4 °C y se registró el peso de la canal fría. Además, se realizó la clasificación de las

canales con base en la Norma Mexicana NMX-FF-106-SCFI-2006, para tal propósito se midió el espesor de la grasa dorsal (mm) a la altura de la 13ª vertebra torácica, previamente se realizó una pequeña incisión, a 4 cm de la línea media dorsal, que permitiera la introducción de una regleta; esta medida, aunada a la conformación y el peso de la canal, más la edad cronológica de los ovinos, permitió realizar la clasificación de las canales.

En la evaluación morfométrica de la canal se registró: Perímetro de la grupa (cm), ancho de la grupa (cm), longitud de la canal (cm), longitud de la pierna (cm) y profundidad interna del tórax (cm) de acuerdo a la metodología de Ruiz de Huidobro *et al.* (2005). Para la medición de las dimensiones del *Longissimus dorsi* (cm²) se hizo un corte transversal sobre éste músculo a la altura de la 13ª vertebra torácica, se dibujó sobre papel acetato el contorno de dicho músculo, con ayuda de un rotulador de punta fina y después, en el laboratorio, se midió el área con un planímetro digital Planix 6 Sokkia® y con una regleta el diámetro mayor en sentido medio lateral y el diámetro menor en sentido dorso ventral.

Se calculó el índice de compacidad de la canal, dividiendo el peso de la canal fría (kg) entre la longitud interna de la canal (cm) media “L” (Ruiz de Huidobro *et al.*, 2005).

El rendimiento de la canal en caliente y en frío se obtuvo con la siguiente ecuación: (Rendimiento de la canal en caliente = peso de la canal/peso vivo x 100).

Análisis estadístico

Inicialmente, se realizó un análisis exploratorio de 1,000 registros, de los cuales después de una depuración quedaron 750 datos útiles, posteriormente, se

aplicaron las pruebas de normalidad Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-wilk (Field, 2009). Las variables registradas *ante mortem* fueron: sistema de producción, genotipo, sexo y peso a la matanza. Las variables *pos mortem* evaluadas fueron: peso y rendimiento de la canal caliente y fría, longitud de la pierna y de la canal, perímetro y ancho de la grupa, ancho del tórax, perímetro torácico, profundidad interna del tórax, área del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de la grasa subcutánea dorsal.

Los datos fueron procesados mediante un análisis de varianza de un factor, la comparación de medias de los genotipos y sistemas de producción se efectuó empleando la prueba de Tukey y la comparación de medias entre sexos se realizó mediante la prueba de t (Field, 2009).

Posteriormente, se realizaron los análisis de correlación de Pearson (r) para estimar la relación existente entre las variables *in vivo* y las variables *pos mortem* en los machos y hembras de pelo de los sistemas intensivo y semiintensivo, así como en todos los animales de lana y pelo x lana del sistema intensivo.

Finalmente, se hizo el análisis de regresión lineal múltiple paso a paso para generar ecuaciones de predicción para el área del músculo *L. dorsi* y del espesor de la grasa subcutánea, utilizando las correlaciones con mayor grado de asociación entre las variables anteriormente mencionadas (Field, 2009). En la realización de todos los análisis se empleó el software especializado (Statistical Package for Social Science [SPSS], 2012) ver. 21.0

El modelo estadístico empleado fue el siguiente:

$$y = (b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + \dots + b_n \cdot x_n) + \mathcal{E}_i$$

Dónde:

y = cantidad de músculo y grasa

b_0 = intersección de y

b_n = pendiente de la línea recta ajustada a los datos

x_n = variables dependientes que se incluyen al modelo

\mathcal{E}_i = error del modelo

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN (artículo)

29/05/2017

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO

Para: Dr. José Armando Partida de la Peña

De: **Carlos A. SANDOVAL-CASTRO** (revistaccba_boletines@correo.uady.mx)

Enviado: lunes, 29 de mayo de 2017 12:40 p. m.

Para: Dr. José Armando Partida de la Peña

Asunto: [TSA] Envió recibido

Dr. José Armando Partida de la Peña:

Gracias por enviarnos su manuscrito "**PREDICCIÓN DEL AREA DEL MÚSCULO LONGISSIMUS DORSI Y EL ESPESOR DE LA GRASA SUBCUTÁNEA MEDANTE EL USO DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EN CANALES OVINAS PRODUCIDAS EN MÉXICO**".

Tropical and Subtropical Agroecosystems. Gracias al sistema de gestión de revistas online que usamos podrían seguir su progreso a través del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/author/submission/2396>

Nombre de usuario/o: jarmandopp

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as. Gracias por tener en cuenta esta revista para difundir su trabajo.

Carlos A. SANDOVAL-CASTRO

Tropical and Subtropical Agroecosystems

Tropical and Subtropical Agroecosystems

<http://www.veterinaria.uady.mx/ojs/index.php/TSA>

PREDICTION OF *LONGISSIMUS DORSI* MUSCLE AREA AND SUBCUTANEOUS FAT THICKNESS USING MORPHOMETRIC VARIABLES IN SHEEP CARCASSES PRODUCED IN MEXICO

PREDICCIÓN DEL AREA DEL MÚSCULO *LONGISSIMUS DORSI* Y EL ESPESOR DE LA GRASA SUBCUTÁNEA MEDANTE EL USO DE VARIABLES MORFOMÉTRICAS EN CANALES OVINAS PRODUCIDAS EN MÉXICO

Lizbeth Esmeralda Robles Jiménez¹, José Armando Partida de la Peña^{2*}, Miguel Enrique

Arechavaleta Velasco², Ignacio Arturo Domínguez Vara³

¹Programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, 50000, Toluca, México. ²Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. ³Departamento de Nutrición Animal. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Instituto Literario 100, CP. 50000, Toluca, México.

SUMMARY

The objective of the present study was to estimate the correlation between different morphometric variables with the *Longissimus dorsi* muscle area and thickness subcutaneous fat in sheep carcasses from different genotypes, sexes and sheep production systems, as well as to develop equations of prediction. The study data from 750 sheep carcasses were analyzed to determine their distribution. They were also tested for simple correlations and multiple linear regressions to generate prediction equations. It was concluded that in Mexico there is a high heterogeneity in sheep production, which generates an excessive variation in type and characteristics of the produced carcasses, which limits the development of general prediction equations, because it

decreases the coefficients of correlation, for which will be necessary to develop prediction equations under more uniform conditions and with more homogenous animals to achieve a greater precision in the prediction.

Key words: sheep; carcass traits; prediction; morphometry; rib eye area; subcutaneous fat thickness.

Resumen

Los objetivos del presente estudio fueron estimar la correlación existente entre diferentes variables morfométricas con el área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea en canales de ovinos provenientes de diferentes genotipos, sexos y sistemas de producción ovina, y desarrollar ecuaciones para predecir el área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea utilizando características morfométricas. En el estudio se emplearon los datos de 750 canales de ovinos. Se puede concluir que en México se presenta una alta heterogeneidad en la producción ovina, que genera una variación excesiva en el tipo y las características de las canales producidas, lo cual limita el desarrollo de ecuaciones de predicción generales, porque disminuye los coeficientes de correlación

Palabras clave: Ovinos, Canales, Correlación, Predicción, Morfometría, Ojo de Chuleta, Grasa Dorsal.

Introducción

Durante los últimos tiempos la ovinocultura mexicana ha crecido considerablemente, pues se cuenta con una población ovina cercana de los 9 millones cabezas y se producen más de 60 mil toneladas anuales de carne en canal (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera [SIAP],

2016); a pesar de lo anterior, aún no se satisface la demanda interna, la cual se estima en más de 90 mil toneladas anuales (SIAP, 2015).

En cuanto a la calidad de la carne que se consume en el país, México no posee un sistema oficial de clasificación de canales ovinas, solo presenta una norma (NMX-FF-106-SCFI-2006), la cual solo es de conveniencia, además tampoco cuenta con estándares de calidad que definan los atributos de las canales producidas, ni se tienen precios diferenciales basados en la calidad del producto final, mucho menos se cuenta con información que relacione variables medibles en ovinos vivos con las propiedades de su canal.

En la literatura se dispone de varios métodos no invasivos para estimar la composición y calidad de la canal (Teixeira *et al.*, 2006), por ejemplo, el ultrasonido, la tomografía axial computarizada, los rayos x y la tomografía por emisión de positrones (Lambe *et al.*, 2009; Navajas *et al.*, 2006); no obstante, algunos de esos métodos son muy costosos, invasivos y requieren mucho tiempo para su implementación (Camacho *et al.*, 2011). Por otro lado, las mediciones morfométricas se han usado para estimar el rendimiento de la canal y la composición corporal, lo cual ha tenido una utilidad práctica en la producción de carne, pues ha sido empleado para caracterizar diferentes grupos genéticos y para la selección de animales de cría (Sowand y Sobola, 2008) porque se aplican rápida y fácilmente, y sin necesidad de afectar el cuerpo del animal o la canal (Miguel *et al.*, 2007). El peso corporal ha sido un criterio muy importante en la producción pecuaria, pues se emplea como estimador del crecimiento y del grado de madurez alcanzado por un animal (Lambe *et al.*, 2008). De la misma manera, el área del músculo *L. dorsi* u ojo de chuleta ha sido empleado para pronosticar el rendimiento magro de la canal (Williams, 2002); asimismo, el espesor de la grasa de cobertura se ha usado para predecir del estado de engrasamiento de la canal (Hopkins, Ponnampalam, y Warner, 2008). Todas estas herramientas de predicción o estimación podrían ser de mucha utilidad para el ovinocultor, al darle la posibilidad de relacionar medidas y pesos corporales obtenidos *in vivo* con algunas características de la canal, lo cual podría redundar en una

mejor eficiencia de producción y mayor calidad del producto final (Cam, Olfaz, y Soydan, 2010; Agamy *et al.*, 2015).

Por todo lo anterior, los objetivos del presente estudio fueron: 1) estimar la correlación existente entre diferentes variables morfométricas con el área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea en canales de animales provenientes de diferentes genotipos, sexos y sistemas de producción ovina, y 2) desarrollar ecuaciones para predecir el área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea utilizando características morfométricas.

Materiales y Métodos

Se utilizó una base de datos de 1,000 registros de canales de ovinos, de los cuales después de una depuración quedaron 750 datos útiles. . Las variables registradas *ante mortem* fueron: sistema de producción, genotipo, sexo y peso a la matanza. Las variables *pos mortem* evaluadas fueron: peso y rendimiento de la canal caliente y fría, longitud de la pierna y de la canal, perímetro y ancho de la grupa, ancho del tórax, perímetro torácico, profundidad interna del tórax, área del músculo *Longissimus dorsi* y espesor de la grasa subcutánea dorsal. La metodología empleada para obtener las medidas de las variables se describe previamente en Partida *et al.*, 2017.

Los animales fueron clasificados por genotipo y sistema de producción, obteniéndose 419 del genotipo de pelo del sistema intensivo- semiintensivo, 116 de lana del sistema intensivo y 215 de pelo x lana del sistema intensivo-semiintensivo. Posteriormente se dividieron por sexo, en el genotipo de pelo se obtuvieron 328 machos y 91 hembras, en los genotipos de lana y pelo x lana solo fueron machos.

Se aplicaron las pruebas de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-wilk para determinar si la distribución de los datos no era diferente a la distribución normal (Field, 2009).

Posteriormente, se realizaron análisis de correlación para estimar la relación existente entre las variables *in vivo* y las variables área del músculo *L. dorsi* y del espesor de la grasa subcutánea en los machos y hembras de pelo de los sistemas intensivo y semiintensivo, así como en todos los

animales de lana del sistema intensivo y en los animales cruzados (pelo x lana) del sistema intensivo.

Finalmente, se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para generar ecuaciones de predicción para el área del músculo *L. dorsi* y del espesor de la grasa subcutánea, utilizando las variables morfométricas que tuvieron las mejores correlaciones con estas dos características de la canal (Field, 2009). Los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS ver. 21.0 (Statistical Package for Social Science [SPSS], 2012).

Resultados

Correlación entre variables morfométricas con características de la canal

Los análisis para los machos de pelo en el grupo formado con los sistemas intensivo y semiintensivo (Cuadro 1) indican que existe una correlación positiva del área del músculo *L. dorsi* con el peso de la canal caliente ($r = 0.42$; $n = 328$; $P < 0.001$), con el peso de la canal fría ($r = 0.42$; $n = 328$; $P < 0.001$) y con el peso de los animales a la matanza ($r = 0.36$; $n = 328$; $P < 0.001$). En el caso del espesor de la grasa subcutánea se detectó una correlación positiva con el peso a la matanza ($r = 0.36$; $n = 328$; $P < 0.001$).

Por otro lado, en las hembras de pelo del sistema intensivo-semiintensivo (Cuadro 2), el área del músculo *L. dorsi* presentó una correlación positiva con el peso de la canal caliente ($r = 0.48$; $n = 91$; $P < 0.001$) y el peso de la canal fría ($r = 0.49$; $n = 91$; $P < 0.001$), así como con el perímetro de la grupa ($r = 0.52$; $n = 91$; $P < 0.001$) y ancho de la grupa ($r = 0.48$; $n = 91$; $P < 0.001$). El espesor de la grasa subcutánea presentó una correlación positiva con el peso a la matanza ($r = 0.57$; $n = 91$; $P < 0.001$). La información obtenida en el grupo anterior, sugiere que al aumentar los valores de estas variables, mayor será el área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa de cobertura en las hembras.

En cuanto a los machos de lana (Cuadro 3), el área del músculo *L. dorsi* se obtuvo una correlación con la longitud de la canal ($r = 0.61$; $n = 116$; $P < 0.001$) y con el perímetro de la grupa ($r = 0.58$; $n = 116$; $P < 0.001$), en tanto que la grasa subcutánea presentó una correlación con la profundidad

interna del tórax ($r = 0.50$; $n = 116$; $P < 0.001$) y con el perímetro torácico ($r = 0.45$; $n = 116$; $P < 0.001$). El área del músculo *L. dorsi* se obtuvo una correlación negativa con la grasa de cobertura en los ovinos machos de lana ($r = -0.25$; $n = 116$; $P < 0.05$).

En el caso de los machos de cruza de pelo x lana (Cuadro 4), la variable que presentó una correlación más alta con el área del músculo *L. dorsi* fue el ancho del tórax ($r = 0.47$; $n = 215$; $P < 0.001$), mientras que el espesor de la grasa subcutánea únicamente se correlaciono con el peso a la matanza ($r = 0.19$; $n = 215$ $P < 0.001$).

Predicción del área del músculo L. dorsi y el espesor de la grasa subcutánea

El coeficiente de determinación (r^2) y las ecuaciones resultantes para área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea se presentan en los Cuadros 5 y 6.

El modelo para predecir el área del músculo *L. dorsi* en los machos de pelo tuvo una r^2 a 0.29.

La ecuación es la siguiente:

$$y = 24.00 + (0.48) \text{ peso canal caliente (kg)} + (0.80) \text{ peso canal fría (kg)} + (0.02) \text{ peso de matanza (kg)} + (0.21) \text{ ancho de grupa (cm)} + (-0.03) \text{ perímetro de grupa (cm)} + (-59.18) \text{ índice de compacidad de canal} + (-0.28) \text{ longitud de canal (cm)} + (-0.10) \text{ perímetro de tórax (cm)} + (0.09) \text{ longitud de pierna (cm)}.$$

El modelo para predecir el espesor de la grasa subcutánea en los ovinos de pelo machos, fue $r^2 = 0.24$. La ecuación es la siguiente:

$$y = 1.331 + (0.09) \text{ peso de matanza (kg)} + (-0.09) \text{ profundidad de tórax (cm)} + (-0.03) \text{ perímetro de grupa (cm)} + (0.03) \text{ ancho de grupa (cm)} + (0.06) \text{ ancho de tórax (cm)}.$$

En las hembras de pelo, tanto para el área del músculo *L. dorsi* como para el espesor de la grasa subcutánea se obtuvo una $r^2 = 0.39$. La ecuación para el área del músculo *L. dorsi* es la siguiente:

$$y = -14.67 + (0.25) \text{ perímetro de grupa (cm)} + (1.50) \text{ peso canal fría (kg)} + (-1.15) \text{ peso canal caliente (kg)} + (0.46) \text{ ancho de grupa (cm)} + (-25.38) \text{ índice de compacidad de canal} + (0.71) \text{ rendimiento canal fría (\%)}.$$

La ecuación para predecir la grasa subcutánea en hembras de pelo fue:

$y = -0.11 + (0.13) \text{ peso de matanza (kg)} + (-0.04) \text{ rendimiento canal caliente (\%)}$.

El modelo para predecir el área del músculo *L. dorsi* en machos de lana tuvo una r^2 de 0.38. La ecuación es.

$y = -14.31 + (0.37) \text{ longitud de canal} + (0.18) \text{ perímetro de grupa}$.

La ecuación para predecir la grasa subcutánea en los machos de lana, tuvo una $r^2 = 0.32$. La ecuación resultante fue la siguiente:

$y = -3.78 + (0.11) \text{ profundidad de tórax (cm)} + (0.03) \text{ perímetro de tórax (cm)} + (0.12) \text{ rendimiento canal caliente (\%)} + (0.04) \text{ longitud de pierna (cm)} + (-0.01) \text{ rendimiento canal fría (\%)} + (-0.02) \text{ peso canal caliente (kg)} + (-0.06) \text{ perímetro de grupa (cm)}$.

Para predecir del área del músculo *L. dorsi* en los machos cruzados (pelo x lana), el coeficiente de determinación del modelo fue 0.38 con las variables empleadas (Cuadro 8). La ecuación fue la siguiente:

$y = -6.81 + (0.41) \text{ ancho de tórax (cm)} + (0.86) \text{ peso canal caliente (kg)} + (0.15) \text{ longitud de pierna (cm)} + (-0.58) \text{ peso canal fría (kg)} + (-0.09) \text{ peso de matanza (kg)} + (0.33) \text{ perímetro de grupa (cm)} + (-0.19) \text{ ancho de grupa (cm)} + (16.09) \text{ índice de compacidad de canal}$.

No se presentan los coeficientes de determinación para el espesor de la grasa subcutánea en los machos cruzados porque que los valores obtenidos no fueron significativos.

Discusión

Correlaciones entre variables

Como se indicó anteriormente, el peso de la canal (tanto caliente como fría) tuvo una correlación significativa con el área del músculo *L. dorsi* en los machos de pelo ($r = 0.42$, $n = 328$ $P = 0.001$), lo que coincide con lo reportado por otros autores, quienes indican que en corderos ligeros existe una fuerte correlación entre el peso de la canal y su proporción de músculo (Carrasco *et al.*, 2009); asimismo, en grupos genéticos extremadamente homogéneos como, por ejemplo, en corderos lactantes de raza manchega, se obtuvo una correlación ($r = 0.96$) entre el peso de la canal fría y la cantidad de músculo de ésta (Díaz *et al.*, 2004). Lo anterior, muestra que el peso de la canal podría

ser útil y práctica para estimar la proporción de músculo que la compone, puesto que el pesaje de la canal es una medición fácil, rápida y económica.

De acuerdo con los resultados, la variable que presento una correlación con el espesor de la grasa subcutánea fue el peso a la matanza, tanto en hembras como en ovinos machos de pelo, esto también se ha observado en algunos estudios que usaron ultrasonido para medir la cobertura grasa en la canal ovina (Leeds *et al.*, 2008; Orman *et al.*, 2008; Orman, Caliskan y Dikmen, 2010). De igual forma, en ovinos de la raza Texel con 20 kg de peso se reportó una correlación ($r = 0.33$; $P < 0.05$) entre el peso a la matanza y el espesor de la grasa subcutánea (Wolf, Jones, y Owen, 2006), pero al emplear animales de la raza Awassi con un mayor peso y uniformidad, la correlación entre las mismas variables aumentó sensiblemente al incrementarse el peso de una $r = 0.71$ en animales de 30 kg a una $r = 0.83$ en borregos de 40 kg (Orman *et al.*, 2010).

Por otro lado, en los machos de lana el área del músculo *L. dorsi* presento una correlación con la longitud de la canal ($r = 0.61$; $n = 116$; $P < 0.001$) y con el perímetro de la grupa ($r = 0.58$; $n = 116$; $P < 0.001$), esto también ha sido reportado por otros autores, quienes al emplear borregos lactantes de las razas Manchega y Churra Tensina observaron que la longitud de la canal fue la variable mejor correlacionada ($r = 0.869$ y $r = 0.31$, respectivamente para cada una de las razas) con el peso del músculo (Díaz *et al.*, 2004). La longitud de la canal también tuvo una correlación positiva con el total de carne aprovechable, debido a que las canales más largas presentan cuartos traseros con mayor longitud, que tienen un importante aporte al rendimiento cárnico (Reiling *et al.*, 1992). Lo anterior, indica que a mayor longitud y anchura de la canal, mayor cantidad de músculo y de carne se podría obtener de la misma, ya que el área del músculo *L. dorsi* tiene una estrecha correlación con la cantidad total de músculo presente en la canal (Williams, 2002); incluso, en Australia los ovinocultores seleccionan a los ovinos más largos porque aseguran que son los que producirán mayor cantidad de carne (Anderson *et al.*, 2015).

Al examinar las variables que presentaron una correlación con el espesor de la grasa subcutánea en ovinos de lana, se observó que la profundidad del tórax fue la variable que mejor correlación

nos ofreció, lo que es coincidente con los resultados de otros autores (Camacho *et al.*, 2011), quienes emplearon corderos de lana e indicaron que el costillar es el corte mejor correlacionado con la cantidad de grasa subcutánea, ya que el costillar es la región de la canal con mayor depósito de tejido adiposo (Yakan y Ünal 2010). Otros autores que evaluaron ovinos de raza Manchega, también determinaron que existe una correlación ($r = 0.701$) entre la anchura de tórax y la cantidad de músculo existente en la canal (Díaz *et al.*, 2004). En el presente estudio, la anchura del tórax presentó una correlación con el área de músculo *L. dorsi* en los ovinos cruzados (lana x pelo), los cuales, en este sentido, se comportaron más como animales de lana y puede ser debido al mejoramiento genético que se ha ido realizando y a la selección de animales con el tronco más amplio, puesto que en la actualidad los productores buscan animales más anchos, porque son los que presentan una mayor cantidad de músculo (Anderson *et al.*, 2015).

Predicción del área del músculo L. dorsi y el espesor de la grasa subcutánea

En las ecuaciones desarrolladas para predecir el área del músculo *L. dorsi* de los ovinos evaluados, se incluyeron las variables que presentaron la mejor correlación, siendo éstas: el peso a la matanza, el peso en canal caliente y fría, el perímetro de la grupa, la longitud de la canal, la anchura y perímetro del tórax, y la longitud de la pierna.

Estas variables también han sido utilizadas por otros autores para predecir la cantidad de músculo; por ejemplo, Hopkins y Fogarty, 1998, empleando diversos genotipos observaron que el peso en la canal fue la que presentó la mayor correlación con la cantidad de músculo en la canal. En otras investigaciones que se llevaron a cabo para la predicción del peso del músculo en ovinos, las ecuaciones utilizadas emplearon el peso de la canal caliente y fría, la longitud de la canal, el ancho del tórax y la longitud de la pierna, las cuales explicaron el 87% de la variación, aunque solamente el peso en canal explicó el 75% de la variación total (Carrasco *et al.*, 2009). Otros investigadores que emplearon el peso a la matanza indicaron que ésta es la variable más importante para predecir la proporción de músculo de la canal (Fortin y Shrestha 1986; Silva *et al.*, 2006); sin embargo, en el presente estudio, esta variable no tuvo una determinación muy alta en el desarrollo de las

ecuaciones para todos los genotipos y sexos, sólo en machos de pelo y en los machos cruzados (pelo x lana) fue significativa, pero no aportó mucho a la ecuación. Al emplear el peso de la canal como variable independiente para desarrollar una ecuación de predicción del peso del tejido muscular de la canal, otros autores obtuvieron un alto coeficiente de determinación ($r^2 = 0.95$), al emplear animales con peso muy homogéneo ((Delfa, Gonzalez y Teixeira, 1996; Hopkins y Fogarty, 1998). Sin embargo, el modelo que solo empleó como variable independiente el peso en canal caliente en los machos de pelo de nuestro estudio, solo explicó el 19% de la variación, lo cual se puede explicar por el rango tan amplio en el peso de los animales evaluados (Orman *et al.*, 2010).

En cuanto a la predicción del espesor de la grasa subcutánea, como se indica en los resultados, solamente en las hembras de pelo se obtuvieron valores estadísticamente significativos, siendo el peso a la matanza la variable que mostró una mejor predicción, pues explicó el 31% de la variación total. No obstante, en investigaciones en las que solo se emplearon ovinos de raza Churra, el peso a la matanza explicó hasta el 81% de la variación en la grasa subcutánea de la canal (Díaz *et al.*, 2004; Ruiz de Huidobro y Cañequé, 1994). Estas diferencias en los valores obtenidos por otros autores para la misma variable, pueden deberse a diferencias en el peso, la edad cronológica, el genotipo y el sexo de los ovinos evaluados (Safari *et al.*, 2001); además, la existencia de otros factores ambientales implicados (Ripoll *et al.*, 2009).

Conclusiones

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se puede concluir que en México se presenta una alta heterogeneidad en la producción ovina, que genera una variación excesiva en el tipo y las características de las canales producidas, lo cual limita el desarrollo de ecuaciones de predicción generales, porque disminuye los coeficientes de correlación y se incrementa el número de variables que se deben incluir en las ecuaciones, haciéndolas más complicadas e imprácticas. Sin embargo, al agrupar a los animales por genotipo, sexo y sistema de producción, se observó que en las hembras las mejores ecuaciones de predicción para el área del ojo de chuleta se

obtuvieron con el perímetro de la grupa y para el espesor de la grasa subcutánea con el peso a la matanza. De igual manera, las variables que mejor se correlacionaron y mejor predicción dieron sobre el área del músculo *L. dorsi* en los machos fueron el peso en canal, longitud de la canal y ancho del tórax, en tanto que para el espesor de grasa subcutánea fueron el peso a la matanza y la profundidad interna del tórax.

En un futuro será necesario desarrollar ecuaciones de predicción bajo condiciones más uniformes y con animales más homogéneos para lograr una mayor exactitud en la predicción.

Literatura citada

- Agamy, R., Abdel-Moneim, A.Y., Abd-Alla, M. S., Abdel-Mageed, I.I., & Ashmawi, G.M., 2015. Using Linear Body Measurements to Predict Body Weight and Carcass Characteristics of Three Egyptian Fat-Tailed Sheep Breeds. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 10 (7):335-344. doi:10.3923/ajava.2015.335.344.
- Anderson, F., Pannier, L., Pethick, D.W., & Gardner, G.E., 2015. Intramuscular fat in lamb muscle and the impact of selection for improved carcass lean meat yield. *Anim.* 1081-1090. doi: 10.1017/S1751731114002900.
- Camacho, A., Perez, V., Mata, J., & Bermejo, L.A., 2011. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de la canal en dos razas ovinas canarias. *Arch. Zootec.* 60:1125-1135.
- Cam, M.A., Olfaz, M., & Soydan, E., 2010. Body measurements reflect body weights and carcass yields in karayaka sheep. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 5:120-127. doi: 10.3923/ajava.2010.120.127.
- Carrasco, S., Ripoll, G., Panea, B., Álvarez-Rodríguez, J., & Joy, M., 2009. Carcass tissue composition in light lambs: Influence of feeding system and prediction equations. *Livest. Sci.* 126, 112-121. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.livsci.2009.06.006.

- Delfa, R., González, C., & Teixeira, A., 1996. Use of cold carcass weight and fat depth measurements to predict carcass composition of Rasa Aragonesa lambs. *Small Rumin. Res.* 20:267-274.
- Díaz, M.T., Cañeque, V., Lauzurica, S., Velasco, S., Ruiz de Huidobro, F., & Perez, C., 2004. Prediction of suckling lamb carcass composition from objective and subjective carcass measurements. *Meat Sci.* 66:895-902. doi:10.1016/j.meatsci.2003.08.013.
- Field, A. 2009. Regression. *Discovering Statistics Using SPSS*. 3^o edition. SAGA. 166-196, 197-263.
- 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. *Anim Prod.* 43:469-475. doi:https://doi.org/10.1017/S0003356100002683.
- Hopkins, D.L., & Fogarty, N.M., 1998. Diverse lamb genotypes 1: yield of the saleable cuts and meat and the prediction of yield. *Meat Sci.* 49:459-475.
- Hopkins, D.L., Ponnampalam, E.N., & Warner R.D., 2008. Predicting the Composition of Lamb Carcasses Using Alternative Fat and Muscle Depth Measures. *Meat Sci.* 78(4): 400-405.
- Lambe, N.R., Navajas, E.A., Schofield, C.P., Fisher, A.V., Simm, G., Roche, R. & Bunger, L., 2008. The use of various live animal measurements to predict carcass and meat quality in two divergent lamb breeds. *Meat Sci.* 80:1138-1149. doi:10.1016/j.meatsci.2008.05.026.
- Lambe, N., Navajas, E., Bünger, L., Fisher, A., Roehe, R., & Simm, G., 2009. Prediction of lamb carcass composition and meat quality using combinations of post-mortem measurements. *Meat Sci.* 81:711-719. doi:10.1016/j.meatsci.2008.10.025.
- Leeds, T.D., Mousel, M.R. Notter, D.R., Zerby, H.N., Moffet, C.A., & Lewis, G.S., 2008. B mode, real-time ultrasound for estimating carcass measures in live sheep: Accuracy of ultrasound measures and their relationships with carcass yield and value. *J. Anim. Sci.* 86: 3203-3214. doi: 10.2527/jas.2007-0836.

- Miguel, E., Ruiz de Huidobro, F., Blázquez, B., Velasco, S., Luzurica, S., Pérez, C., & Cañeque, V., 2007. Live weight effect on the prediction of tissue composition in suckling lamb carcasses using the European Union scale. *Small Rumin. Res.* 67:199-208. doi:10.1016/j.smallrumres.2005.10.001.
- Navajas, E.A., Glasbey, C.A., Mclean, K.A., Fisher, A.V., Charteris, A.J.L, Lambe, N.R., Bünger, L., & Simm, G., 2006. "Science : In Vivo Measurements of Muscle Volume by Automatic Image Analysis of Spiral Computed Tomography Scans *Anim. Sci.* 545-53. doi:10.1079/ASC200662.
- Orman, A., Çalışkan, U.G., Dikmen, S., Ustuner, H., Oğan, M., & Çalışkan, C., 2008. The assessment of carcass composition of Awassi male lambs by real-time ultrasound at two different live weights. *Meat Sci.* 80:1031-1036. doi:10.1016/j.meatsci.2008.04.022.
- Orman, A., Çalışkan, G.U., & Dikmen, S., 2010. The assessment of carcass traits of Awassi lambs by real-time ultrasound at different body weights and sexes', *J Anim. Sci.* 88(10): 3428-3438. doi:10.2527/jas.2009-2431.
- Partida PJA, Ríos RFG, De la Cruz CL, Domínguez VIA, Buendía RG. 2017. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Rev Mex Cienc Pecu* 8(3):269-277. <http://dx.doi.org/10.22319/rmcp.v8>.
- Reiling, B.A., Rouse, G.H., & Duello, D.A., 1992. Predicting percentage of retail yield from carcass measurements, the yield grading equation, and closely trimmed, boxed beef weights, *J. Anim. Sci.* 70(7):2151-2158. doi: 10.2527/1992.7072151x.
- Ripoll, G., Joy, M., Alvarez-Rodríguez, J., Sanz, A., & Teixeira, A., 2009. Estimation of light lamb carcass composition by in vivo real-time ultrasonography at four anatomical locations 1. *J. Anim. Sci.* pp.455-1463. doi: 10.2527/jas.2008-1285.
- Ruiz de Huidobro, F., & Cañeque, V., 1994. Producción de carne en corderos de la raza Manchega. IV. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 9:71-82.

- Safari, E., Hopkins, D., & Fogarty, N., 2001. Diverse lamb genotypes-4. Predicting the yield of saleable meat and trimmed high value cuts from carcass measurements. *Meat Sci.* 58:207-214.
- SIAP., 2015. Resumen Nacional Producción, Precio, Valor, Animales sacrificados y Peso. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/>.
- SIAP., 2016. Avance por Producto. Carne en Canal de Ovino. Disponible en: http://infosiap.siap.gob.mx/repoAvance_siap_gb/pecAvanceProd.jsp.
- Silva, S.R., Afonso, J.J., Santos, V. A., Monteiro, A., Guedes, C.M., Azevedo, J. M. T., & Dias-da-Silva, A., 2006. In vivo estimation of sheep carcass composition using real-time ultrasound with two probes of 5 and 7.5 MHz and image analysis. *J. Anim. Sci.* 84:3433-3439. doi:10.2527/jas.2006-154.
- Sowand, O.S., & Sobola, O.S., 2008. Body measurements of West African Dwarf sheep as parameters for estimation of live weight. *Trop. Anim. Health Prod.* 40:433-439. doi:10.1007/s11250-007-9116-z.
- Statistical Package for Social Science (SPSS)., 2012. SPSS Base 21.0 user's guide. Chicago (IL).
- Teixeira, A., Matos, S., Rodrigues, S., Delfa, R., & Cadavez, V., 2006. In vivo estimation of lamb carcass composition by realtime ultrasonography. *Meat Sci.* 74:289-295. doi:10.1016/j.meatsci.2006.03.023.
- Williams, A.R., 2002. Ultrasound applications in beef cattle carcass research and management. *Anim. Sci.* 80:183-188. doi:10.2527/animalsci2002.80E-Suppl_2E183x.
- Wolf, B.T., Jones, D.A., & Owen, M.G., 2006. In vivo prediction of carcass composition and muscularity in purebred Texel lambs. *Meat Sci.* 74(2):416-423. doi:10.1016/j.meatsci.2006.02.019.
- Yakan, A., & Ünal, N., 2010. Meat production traits of a new sheep breed called Bafra in Turkey 1. Fattening, slaughter, and carcass characteristics of lambs, *Trop. Anim. Health Prod.* 42(4):751-759. doi 10.1007/s11250-009-9483-8.

Cuadro 1. Correlación (r) del área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea con diferentes variables de la canal en ovinos de pelo en el sistema intensivo-semiintensivo.

Variables n=302	Peso a la matanza	Peso canal caliente	Peso canal fría	Rendimiento canal caliente	Rendimiento canal fría	Perímetro de grupa	Ancho grupa	Ancho tórax	Perímetro tórax	Longitud pierna	Longitud canal	Profundidad tórax	Índice de compacidad de canal	Área del músculo <i>L. dorsi</i>	Grasa SC
Área del músculo <i>L. dorsi</i>	0.38**	0.42**	0.42**	0.15**	0.16**	0.27**	0.28**	0.16**	-0.20**	0.19**	0.23**	0.15**	0.24**	1	--
Grasa SC	0.36**	0.26**	0.23**	-0.08	-0.11	0.25**	0.20**	0.14*	0.06	0.06	0.1	-0.34**	0.17**	0.02	1

**P<0.001, *P<0.05.

Cuadro 2. Correlación (r) del área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea con diferentes variables de la canal en hembras de pelo en el sistema intensivo-semiintensivo.

Variables n=91	Peso a la matanza	Peso canal caliente	Peso canal fría	Rendimiento canal caliente	Rendimiento canal fría	Perímetro grupa	Ancho grupa	Ancho tórax	Perímetro tórax	Longitud pierna	Longitud canal	Profundidad tórax	Índice compacidad	Área del músculo <i>L. dorsi</i>	Grasa SC
Área del músculo <i>L. dorsi</i>	0.32*	0.48**	0.49**	0.34*	0.36**	0.52**	0.48**	0.21	-0.34*	0	-0.11	0.34*	0.43**	1	--
Grasa SC	0.57**	0.03	0.02	-0.36**	-0.34**	0.31*	0.09	-0.11	0.03	-0.24	0.25	-0.11	-0.05	0.16	1

**P<0.001, *P<0.05

Cuadro 3. Correlación (r) del área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea con diferentes variables de la canal en ovinos de lana en el sistema intensivo.

Variables n=116	Peso a la matanza	Peso canal caliente	Peso canal fría	Rendimiento canal caliente	Rendimiento canal fría	Perímetro grupa	Ancho grupa	Ancho tórax	Perímetro tórax	Longitud pierna	Longitud canal	Profundidad tórax	Índice compacidad	Área del músculo <i>L. dorsi</i>	Grasa SC
Área del músculo <i>L. dorsi</i>	0.14	0.06	0.12	-0.14	-0.01	0.58**	0.18	-0.03	-0.08	-0.07	0.61**	-0.1	-0.20*	1	--
Grasa SC	0.04	0.25*	0.17	0.42**	0.29**	-0.25*	0.15	0.19	0.45**	0.33**	-0.25*	0.50**	0.30**	-0.25*	1

**P<0.001,*P<0.05.

Cuadro 4. Correlación (r) del área del músculo *L. dorsi* y el espesor de la grasa subcutánea con diferentes variables de la canal en ovinos cruzados (pelo x lana).

VARIABLES n=215	Peso a la matanza	Peso canal caliente	Peso canal fría	Rendimiento canal caliente	Rendimiento canal fría	Perímetro grupa	Ancho grupa	Ancho tórax	Perímetro tórax	Longitud pierna	Longitud canal	Profundidad tórax	Índice de compacidad	Área del músculo <i>L. dorsi</i>	Grasa SC
Área del músculo <i>L. dorsi</i>	0.37**	0.43**	0.39**	0.08	0.19*	0.27**	0.27**	0.47**	-0.16*	0.40**	0.18*	-0.06	0.26**	1	--
Grasa SC	0.19**	0.14	0.12	-0.04	-0.07	-0.02	0.09	0.06	-0.06	-0.05	0.02	0.13	0.09	0.05	1

**P<0.001, *P<0.05.

Cuadro 5. Ecuaciones de predicción para el área del músculo *Longissimus dorsi* en ovinos de pelo, lana y cruizas de pelo x lana.

Genotipo	Y	Variable	B0	B(1,2,3...9)	r ²	Media residual	P
Machos pelo	Área del m-L. <i>dorsi</i>	Peso Canal Caliente (kg)	24.00	0.48	0.19**	8.25	0.001
		Peso canal Fría (kg)		0.80	0.18**	8.27	0.001
		Peso a la matanza (kg)		0.02	0.18**	8.27	0.001
		Ancho de la grupa (cm)		0.21	0.19**	8.08	0.001
		Perímetro de la grupa (cm)		-0.03	0.19**	7.09	0.001
		Índice de compacidad de canal		-59.18	0.21**	7.90	0.001
		Longitud de la canal (cm)		-0.28	0.22**	7.86	0.001
		Perímetro del tórax (cm)		-0.10	0.26**	7.44	0.001
		Longitud pierna (cm)		0.09	0.29**	7.15	0.001

$$Y = 24.00 + (0.48) \text{ Peso Canal Caliente (kg)} + (0.80) \text{ Peso canal Fría (kg)} + (0.02) \text{ Peso a la matanza (kg)} + (0.21) \text{ Ancho de la grupa (cm)} + (-0.03)$$

Perímetro de la grupa (cm)+(-59.18) Índice de compacidad de canal + (-0.28) Longitud de la canal (cm)+(-0.10) Perímetro del tórax (cm)+
 0.09) Longitud pierna (cm).

Hembras	Área del m-L, <i>dorsi</i>	Perímetro de la grupa (cm)	-14.67	0.25	0.26**	1.53	0.001
pelo							
		Peso Canal Fría (kg)		1.50	0.30**	1.43	0.001
		Peso Canal Caliente (kg)		-1.15	0.31**	1.43	0.001
		Ancho de la grupa (cm)		0.46	0.37**	1.30	0.001
		Índice de compacidad de la canal		-25.38	0.38**	1.28	0.001
		Rendimiento en canal fría (%)		0.71	0.39**	1.26	0.001

$Y = -14.67 + (0.25) \text{ Perímetro de la grupa (cm)} + (1.50) \text{ Peso Canal Fría (kg)} + (-1.15) \text{ Peso Canal Caliente (kg)} + (0.46) \text{ Ancho de la grupa (cm)} + (-25.38) \text{ Índice de compacidad de la canal} + (0.71) \text{ Rendimiento en canal fría (\%)} + 0.09 \text{ Longitud pierna (cm)}$

Machos lana	Área del músculo <i>L. dorsi</i>	Longitud de la canal (cm)	-14.31	0.37	0.37**	9.17	0.001
		Perímetro de la grupa (cm)		0.18	0.38**	8.94	0.001

$Y = -14.31 + (0.37) \text{ Longitud de la canal} + (0.18) \text{ Perímetro de la grupa}$

Genotipo	Y	Variable	B0	B(1,2,3...9)	r ²	Media residual	P
Machos (peloxlana)	Área del m-L. <i>dorsi</i>	Ancho del tórax (cm)	-6.81	0.41	0.22**	6.95	0.001
		Peso Canal Caliente (kg)		0.86	0.31**	6.16	0.001
		Longitud pierna (cm)		0.15	0.37**	5.61	0.001
		Peso Canal Fría (kg)		-0.58	0.38**	5.50	0.001
		Peso a la matanza (kg)		-0.09	0.38**	5.49	0.001
		Perímetro de la grupa (cm)		0.33	0.38**	5.49	0.001
		Ancho de la grupa (cm)		-0.19	0.38**	5.50	0.001
		Índice de compacidad de la canal		16.09	0.39**	5.42	0.001

Y = -6.81+(0.41) Ancho del tórax (cm)+(0.86) Peso Canal Caliente (kg)+(0.15) Longitud pierna (cm)+(-0.58) Peso Canal Fría (kg)+(-0.09)

Peso a la matanza (kg)+(0.33) Perímetro de la grupa (cm)+(-0.19) Ancho de la grupa (cm)+(16.09) Índice de compacidad de la canal

Cuadro 6. Ecuaciones de predicción para el espesor de la grasa subcutánea en ovinos de pelo, lana y cruza de pelo x lana.

Genotipo	Y	Variable	B0	B(1,2,3...9)	r ²	Media residual	P
Pelo	Grasa SC	Peso a la matanza (kg)	1.33	0.09	0.13**	1.57	0.001
Machos							
		Profundidad del tórax (cm)		-0.09	0.23**	1.38	0.001
		Perímetro de la grupa (cm)		-0.03	0.23**	1.39	0.001
		Ancho de la grupa (cm)		0.03	0.23**	1.39	0.001
		Ancho del tórax (cm)		0.06	0.24**	1.37	0.001
$Y = 1.331 + (0.09) \text{ Peso a la matanza (kg)} + (-0.09) \text{ Profundidad del tórax (cm)} + (-0.03) \text{ Perímetro de la grupa (cm)} + (0.03) \text{ Ancho de la grupa (cm)} + (0.06) \text{ Ancho del tórax (cm)}$							
Pelo	Grasa SC	Peso a la matanza (kg)	-0.11	0.13	0.31**	0.51	0.001
Hembras							
		Rendimiento en canal caliente (%)		-0.04	0.39**	0.44	0.001
$Y = -0.11 + (0.13) \text{ Peso a la matanza (kg)} + (-0.04) \text{ Rendimiento en canal caliente (\%)}$							
Lana	Grasa SC	Profundidad del tórax (cm)	-3.78	0.11	0.24**	2.05	0.001

Machos

Perímetro del tórax (cm)	0.03	0.26**	2.00	0.001
Rendimiento en canal caliente (%)	0.12	0.30**	1.90	0.001
Longitud pierna (cm)	0.04	0.29**	1.91	0.001
Rendimiento en canal fría (%)	-0.01	0.29**	1.92	0.001
Peso Canal Caliente (kg)	-0.02	0.29**	1.92	0.001
Perímetro de la grupa (cm)	-0.06	0.32**	1.85	0.001

Y = -3.78+(0.11) Profundidad del tórax (cm)+(0.03) Perímetro del tórax (cm)+(0.12) Rendimiento en canal caliente (%)+(0.04)

Longitud pierna (cm)+(-0.01) Rendimiento en canal fría (%)+(-0.02) Peso Canal Caliente (kg)+(-0.06) Perímetro de la grupa (cm)

8. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en las que se realizó el presente estudio, se puede concluir que en México se presenta una alta heterogeneidad en la producción ovina, que genera una variación excesiva en el tipo y las características de las canales producidas, lo cual limita el desarrollo de ecuaciones de predicción generales, porque disminuye los coeficientes de correlación y se incrementa el número de variables que se deben incluir en las ecuaciones, haciéndolas más complicadas e imprácticas. Sin embargo, al desagregar los datos por genotipo, sexo y sistema de producción, se observó que en las hembras las mejores ecuaciones de predicción para el área del ojo de chuleta se obtuvieron con el perímetro de la grupa y para el espesor de la grasa subcutánea con el peso a la matanza. De igual manera, las variables que mejor se correlacionaron y mejor predicción dieron sobre el área del músculo *L. dorsi* en los machos fueron el peso en canal, longitud de la canal y ancho del tórax, en tanto que para el espesor de gasa subcutánea fueron el peso a la matanza y la profundidad interna del tórax.

En un futuro será necesario desarrollar ecuaciones de predicción bajo condiciones más uniformes y con animales más homogéneo para lograr una mayor exactitud en la predicción.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcalde, M.J., A. Horcada, M. Juárez, A. Siles, C. Porras, M. Valera. 2005. Calidad de la canal de corderos (ternasco y lechal) de la raza autóctona andaluza Churra Lebrijana. XXX Jornadas científicas y IX internacionales de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Granada, España.
- Albertí, P. 2000. Medición del color. En: Cañeque, V., Sañudo, C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Monografías INIA 1: 409-413.
- Arbiza, S., T. J. De Lucas. 1996. Producción de carne ovina, Editores Mexicanos Unidos S.A. México.
- Arteaga, C. J. D. 2007. Diagnóstico actual de la situación de los ovinos en México. Rev. Borrego. 46.
- Bedhiat, S., M. Djemali. 2006. Estimation of sheep carcass traits by ultrasound technology. Livest. Sci. 101(1-3): 294-299.
- Beerman, D.H., T. F. Robinson, D. E Hogue. 1995. Impact of composition manipulation on lean lamb production in the United States. J. Anim. Sci. 73: 2493-2502.
- Bianchi, G., G. Garibotto, O. Feed, O. Bentancur, y J. Franco. 2006. Efecto del peso al sacrificio sobre la calidad de la canal y de la carne de corderos Corriedale puros y cruza. Arch. Med. Vet. 38(2):161-165.
- Birteeb, P. T., M. O. Ozoje. 2012. Prediction of live body weight from linear body measurements of west african long-legged and west african dwarf sheep in northern Ghana. J. Anim. Feed Res. 2: 427-434.
- Boccard, R., B. L. Dumont, y J. Lefevre. 1976. Étude de la production de la viande chez les ovins. X. Relations entre la composition anatomique des différents régions corporelles de l'agneau. Ann. Zootech. 25, 95-110.

- Butler-Hogg, B.W., A. J. Brown.1986. Muscle weight distribution in lambs: a comparison of entire male and female. *Anim. Prod.* 42: 343-348.
- Cam, M. A., M. Olfaz, and E. Soydan. 2010. Body Measurements Reflect Body Weights and Carcass Yields in Karayaka Sheep. *Asian J. Anim. Vet. Adv.* 5(2): 120-27.
- Camacho, A., V. Perez, J. Mata, y L. A. Bermejo. 2011. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de la canal en dos razas ovinas canarias. *Arch. Zootec.* 60(232): 1125-1135.
- Cañeque, V., C. Sañudo. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad de producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografía INIA: Serie Ganadera. Madrid, España.
- Carrasco, S., G. Ripoll, B. Panea, J. Álvarez-Rodríguez, M. Joy. 2009. Carcass tissue composition in light lambs: Influence of feeding system and prediction equations. *Livest. Sci.* 126: 112-121.
- Cavanagh, C. R., E. Jonas, M. Hobbs, P. C. Thomson, I. Tamman, H. W. Raadsma. 2010. Mapping Quantitative Trait Loci (QTL) in sheep.III. QTL for carcass composition traits derived from CT scans and aligned with a meta-assembly for sheep and cattle carcass QTL. *Genet. Select. Evol.* 42-36.
- Cloete, J. J. E., L. C. Hoffman, S. W. P. Cloete, J. E. Fourie. 2004. Slaughter traits of Merino sheep divergently selected for multiple rearing ability. *South African. J. Anim. Sci.* 34: 189-196.
- Cloete, J. J. E., L. C. Hoffman, S. W. P. Cloete. 2012. A comparison between slaughter traits and meat quality of various sheep breeds: Wool, dual-purpose and mutton. *J. Meat Sci.* 91: 318-324.
- Colomer-Rocher, F., R. Delfa, I. Sierra. 1988. Método normalizado para el estudio de los caracteres cuantitativos y cualitativos de las canales ovinas producidas en el área mediterránea según los sistemas de producción. *Cuadernos INIA.* 17: 19-41.

- Cuellar, O. J. A., P. J. Tortora, G. A. Trejo, R. P. Román. 2012. La Producción Ovina Mexicana, Particularidades y Complejidades. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, SAGARPA, México
- Davis, J. K., R. A. Long, R. L. Saffle, E.P. Warren, J. L. Carmon. 1964. Use of ultrasonic and visual appraisal to estimate total muscling in beef cattle. *J. Anim. Sci.* 23(3): 638-644.
- Delfa, R., C. Gonzalez, A. Teixeira. 1996. Use of cold carcass weight and fat depth measurements to predict carcass composition of Rasa Aragonesa lambs. *Small Rum. Res.* 20: 267-274.
- Delfa, R., A. Teixeira, C. Gonzalez, M. Tor, y L. F. Gosalvez. 1998. Espesores de grasa, músculo y peso de la canal fría como predictores de la composición de la canal y de los diferentes depósitos adiposos del cuerpo de cabras adultas. In XXIII Jornadas Científicas de la Sociedad Española de Ovinotecnia y Caprinotecnia. 145-149, Vitoria-Gasteiz.
- Delfa, R., A. Teixeira, V. Cadavez, I. Sierra. 2005. Predicción *in vivo* de la composición de la canal: técnicas de los ultrasonidos y puntuación de la condición corporal. *Monografía INIA.* 3: 61-87.
- Díaz-Chirón, D. M. T. 2001. Características de la canal y de la carne de cordero lechales manchego. Correlaciones y ecuaciones de predicción (tesis de doctorado). Madrid: Universidad Complutense De Madrid.
- Díaz, M. T., V. Cañeque, S. Lauzurica, S. Velasco, F. Ruiz de Huidobro, C. Pérez. 2004. Prediction of suckling lamb carcass composition from objective and subjective carcass measurements. *Meat Sci.* 66: 895-902.
- Díaz, M. T., J. de la Fuente, S. Lauzurica, C. Pérez, S. Velo, I. Álvarez, F. Ruiz de Huidobro, E. Onega, B. Blázquez, V. Cañeque. 2005. Use of carcass weight to classify Manchego sucking lambs and its relation to carcass and meat quality. *Anim. Sci.* 80: 61-69.

- Díaz, M. T., J. De la Fuente, C. Pérez, S. Lauzurica, I. Alvarez, F. Ruiz de Huidobro, et al. 2006. Body composition in relation to slaughter weight and gender in suckling lambs. *Small Rum. Res.* 64: 126-32.
- Diestre, A. 1985. Estudio de los factores biológicos determinantes del desarrollo de las canales de cordero y de sus características comerciales. Tesis Doctoral. Fac. Vet. Universidad Zaragoza.
- Durán, O.D., Y. D. Sanabria, N. J. Trujillo. 2012. Estimación del rendimiento en canal de ovinos mediante la ultrasonografía: influencia de la castración y el lugar de procedencia. *@limentech, Cienc. Tecnol. Aliment.* 10(1): 45-46.
- Fahmy, M. H., J. M. Boucher, L. M. Poste, R. Gregoire, G. Butler, J. E. Comeau. 1992. Feed efficiency, carcass characteristics and sensory quality of lambs, with or without prolific ancestry, fed diets with different protein supplements. *J. Anim. Sci.* 70: 1365-1374.
- FAO, 2015. Consumo de carne. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>
- Field, A. 2009. Regression. *Discovering Statistics Using SPSS.* 3^o edition. SAGA. 166-196, 197-263.
- Fortin, A., J. N. B. Shrestha. 1986. In vivo estimation of carcass meat by ultrasound in ram lambs slaughtered at an average live weight of 37 Kg. *Anim Prod.* 43: 469-475.
- Galaviz, R. J. R., L. S. Vargas, R. J. L. Zaragoza, G. A. Bustamante, B. E. Ramírez, R. J. D. Guerrero, Z. J. S. Hernández. 2011. Evaluación territorial de los sistemas de producción ovina en la región nor-poniente de Tlaxcala. *Rev. Mex. Cienc. Pec.* 2(1): 53-68.
- Gaspar, P., M. Escribano, F. J. Mesias, F. Rodríguez-Ledesma, F. Pulido. 2008. Sheep farms in the Spanish rangelands (dehesas): Typologies according to livestock management and economic indicators. *Small Rum. Res.* 74: 52-63.

- Gira. 2012. Outlook for the global beef and sheep meat market and industry – global overview to MIA/Beef & Lamb NZ: Queenstown. Presentation slides.
- Grill, L. F. Ringdorfer, R. Baumung, and B. Fuerst-Waltl. 2015. Evaluation of ultrasound scanning to predict carcass composition of Austrian meat sheep. *Small Rum. Res.* 123: 260-268.
- Hafez, E.S.E., M. R. Jainudeen, Y. Rosnina. 2000. Hormonas, factores de crecimiento y reproducción. Reproducción e inseminación artificial en animales. En: McGraw Hill Interamericana. México, D.F. 33-55.
- Hernández, E. D. F., H. J. Oliva, C. A. Pascual, C. J. A. Hinojosa. 2012. Descripción de medidas corporales y composición de la canal en corderas Pelibuey: estudio preliminar. *Nota Técnica. Rev. Cient.* XXII, 1: 24-31.
- Hocquette, J. F., F. Gondret, E. Baeza, F. Medale, C. Jurie, D. W. Pethick . 2010. Intramuscular fat content in meat-producing animals: development, genetic and nutritional control, and identification of putative markers. *Anim.* 4: 303-319.
- Hoffman, L. C., M. Muller, S. W. P. Cloete, D. Schmidt. 2003. Comparison of six crossbred lambs types: Sensory, physical and nutritional meat quality characteristics. *Meat Sci.* 65: 1265-1274.
- Hopkins, D. L., N. M. Fogarty. 1998. Diverse lamb genotypes 1: yield of the saleable cuts and meat and the prediction of yield. *Meat Sci.* 49: 459-475.
- Hopkins, D. L., N. M. Fogarty, S. I. Mortimer. 2011. Genetic related effects on sheep meat quality. *Small Rum. Res.* 101: 160-172.
- INIA. 2008. Disponible en: <http://www.inia.org.uy/online/site/31583811.php>
- Janssens, S., W. Vandepitte. 2004. Genetic parameters for body measurements and linear type traits in Belgian Bleu du Maine, Suffolk and Texel sheep. *Small Rum. Res.* 54(1-2): 13-24.
- Johansen, J., B. Egelanddal, M. Roe, K. Kvaal, A. H. Aastveit. 2007. Calibration models for lamb carcass composition analysis using computerized tomography (CT) imaging. *Chemometrics. Intell. Lab. Syst.* 87: 303-311.

- Karamichou, E., R. I. Richardson, G. R. Nute, K. A. McLean, & S. C. Bishop. 2006. Genetic analyses of carcass composition, as assessed by X-ray computer tomography, and meat quality traits in Scottish Blackface sheep. *Anim. Sci.* 82: 151-162.
- Kempster, A. J. 1981. The indirect evaluation of sheep carcass composition in breeding schemes, population studies and experiments. *Livest. Prod. Sci.* 8: 263-271.
- Kempster, A. J., D. Croston, D. W. Jones. 1987. Tissue growth and development in crossbred lambs sired by ten breeds. *Livest. Prod. Sci.* 16: 145-162.
- Kongsro, J, M Røe, A H Aastveit, K Kvaal, and B Egelandsdal. 2008. "Virtual dissection of lamb carcasses using computer tomography (CT) and its correlation to manual dissection. *J. Food Eng.* 88: 86-93.
- Koohmaraie, M., S. D. Shackelford, T. L. Wheeler. 2005. Biological bases that determine beef tenderness. The science of beef quality. In Eighth annual Langford food industry conference. *Proc. British Soc. Anim. Sci.* 13-19.
- Lambe, N. R, E. A. Navajas, C. P. Schofield, A. V. Fisher, G. Simm, R. Roehe, L. Bünger. 2008. The use of various live animal measurements to predict carcass and meat quality in two divergent lamb breeds. *Meat Sci.* 80: 1138-1149.
- Lawes, J. B., J. H. Gilbert. 1860. On the composition of oxen, sheep and pigs and their increase while fattening, *J Roy Agro Soc Eng.* 21: 433-473. Citado por: Janes, S.D.M. (1989) quantitative methods of carcass evaluation. *Conference Prac.* 57-62.
- Ledgard, S. F., M. Lieffering, D. Coup, B. O. Brien. 2011. Carbon foot printing of New Zealand lamb from the perspective of an exporting nation. *Anim Front.* 1: 40-5.
- Lewis, R., G. Emmans, G. Simm. 2002. Effects of index selection on the carcass composition of sheep given either ad libitum or controlled amounts of food. *Anim. Sci.* 75: 185-195.

- López, M. 1987. Calidad de la canal y de la carne en los tipos lechal, ternasco y cordero de la raza Lacha y estudio de su desarrollo. Tesis Doctoral. Fac. Vet. Universidad de Zaragoza. 465.
- Luaces, M., C. Calvo, A. Fernández, J. L. Viana, L. Sánchez. 2008. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales de corderos de raza Gallega. Arch. Zootec. 57: 1-12.
- Macfarlane, J. M., R. M. Lewis, G. C. Emmans. 2004. Effects of two dried forages, and a choice between them, on intake, growth and carcass composition in lambs of two breeds and their cross. Anim. Sci. 78: 485-496.
- Macfarlane, J. M., R. M. Lewis, G. C. Emmans, M. J. Young, G. Simm. 2006. Predicting carcass composition of terminal sire sheep using X-ray computed tomography. Anim. Sci. 82: 289-300.
- Marshall, W., M. Collantes, A. Corchado, J. A. Bertot, F. Uña, V. Torres, A. Martín. 2001. Predicción de la canal, composición tisular y rasgos regionales, en corderos Pelibuey suplementados con gallinaza. II. Estimación del peso de la carne. Rev. Prod. Anim. 13: 37-42.
- Marshall, W., M. Collantes, A. Corchado, J. A. Bertot, F. Uña, V. Torres, A. Martín. 2002. Predicción de la canal, composición tisular y rasgos regionales, en corderos Pelibuey suplementados con gallinaza. III. Estimación del peso del costillar. Rev. Prod. Anim. 14.
- Miguel, E., F. R. Huidobro, M. T. Díaz, S. Velasco, S. Lauzurica, C. Pérez C, *et al.* 2003. Methods of carcass classification based on subjective assessments of carcass fatness and of carcass conformation: Effect of sex on the prediction of tissue composition in carcasses of sucking lambs. Anim. Sci. 77: 383-393.
- Migueléiz, E., J. M. Zumalacárregui, M. T. Osorio, O. Beteta, J. Mateo. 2006. Carcass characteristics of sucking lambs protected by the PGI Lechazo de Castilla y León. European quality label: Effect of breed, sex and carcass weight. Meat Sci. 73: 82-89.

- Miguel, E., F. Ruiz de Huidobro, B. Blázquez, S. Velasco, S. Luzurica, C. Pérez, V. Cañeque. 2007. Live weight effect on the prediction of tissue composition in suckling lamb carcasses using the European Union scale. *Small Rumin. Res.* 67: 199-208.
- Morris, S. T. 2009. Economics of sheep production. *Small Rum. Res.* 86: 59–62.
- Morris, S.T., P. R. Kenyon. 2014. Intensive sheep and beef production from pasture – A New Zealand perspective of concerns, opportunities and challenges. *Meat Sci.* 98: 330-335.
- Mortimer, S. I., J. H. J. Van derWerf, R. H. Jacob, D. L. Hopkins, L. Pannier, K. L. Pearce, G. E. Gardner. 2014. Genetic parameters for meat quality traits of Australian lamb meat. *Meat Sci.* 1016-1024.
- Mullen, A. M. 2002. New techniques for analyzing raw meat quality. In Kerry, J., J. Kerry, & D. Ledward (Eds.), *Meat process. Improv. Quality.* 394-416.
- Mustafa, M., J. Chadwick, P. Akhtar, S. Ali, M. Lateef, J. Sultan. 2008. The effect of concentrate- and silage-based finishing diets on the growth performance and carcass characteristics of Suffolk Cross and Scottish Blackface lambs. *Turkish. J. Vet. Anim. Sci.* 32: 191-197.
- Navajas, E. A., C. A. Glasbey, K. A. McLean, A. V. Fisher, A. J. L. Charteris, & N. R. Lambe, et al. 2006. In vivo measurements of muscle volume by automatic image analysis of spiral computed tomography scans. *Anim. Sci.* 82: 545-553.
- NMX-FF-106 SCFI-2006. Norma mexicana para la clasificación de carne ovina en canal. *Productos pecuarios.* Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de agosto de 2006.
- Nissen, P., M. Busk, H. Oksama, M. Seynaeve, M. Gispert, M. Walstra, et al. 2006. The estimated accuracy of the EU reference dissection method for pig carcass classification. *Meat Sci.* 73: 22-28.
- OCDE-FAO. 2014. *Perspectivas agrícolas, 2014-2023.* <http://www.fao.org/3/a-i3818s.pdf>

- Okeudo, N. J., B. W. Moss. 2005. Interrelationships among carcass and meat quality characteristics of sheep. *Meat Sci.* 69:1-8.
- Owens, F. N., P. Dubeski, C. F. Hanson. 1993. Factors that alter the growth and development of ruminants. *J. Anim. Sci.* 71: 3138-3150
- Owens, F. N., R. G. Donald, S. S. David, S. W. Coleman. 1995. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 73: 3152-3172.
- Palsson, H. 1939. Meat qualities in the sheep with special reference to Scottish breeds and crosses. Part. 1. *J. Agric. Sci. Camb.* 29: 544-626.
- Pannier, L., E. N. Ponnampalam, G. E. Gardner, K. L. Butler, D. L. Hopkins, A. J. Ball, R. H. Jacob, K. L. Pearce, D. W. Pethick. 2010. Prime Australian lamb supplies key nutrients for human health. *Anim. Prod. Sci.* 50: 1115-1122.
- Partida, P. J. A. 2009. Calidad de la carne de ovino. *Memorias del Curso Avances en Nutrición Ovina III.* Universidad Autónoma Del Estado De México. 1-12.
- Partida, P. J. A., V. D. Braña. 2011. Metodología para la evaluación de la canal ovina. *Folleto Técnico INIFAP.* 9: 2-57.
- Partida, P. J. A., V. D. Braña, S. H. Jiménez, R. F. G. Ríos, R. G. Buendía. 2013. Producción de Carne Ovina. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal. Ajuchitlán, Qro. *Libro Técnico INIFAP.* 5: 4, 5, 23, 67.
- Pearce, K. L., L. Pannier, A. Williams, G. E. Gardner, A. Ball, D. W. Pethick. 2009. Factors affecting the iron and zinc content of lamb. In: Cronje, P., Richards, N. (Eds.), *Rec. Adv. Anim. Nut. Australia.* 17: 37-42.
- Pethick, D. W., A. J. Ball, R. G. Banks, J. F. Hocquette. 2011. Current and future issues facing red meat quality in a competitive market and how to manage continuous improvement. *Anim. Prod. Sci.* 51(1): 13-18.
- Pérez, P.; M. Maino; C. Köbrich, M. S. Morales, y J. Pokniak. 2007 Efecto del peso de sacrificio y sexo sobre la canal de corderos lactantes del cruce Suffolk Down x Merino Precoz Alemán. *FCV-LUZ,* 17: 621-626.

- Ponnampalam, E. N., K. L. Butler, K. M. Pearce, S. I. Mortimer, D. W. Pethick, A. J. Ball, D. L. Hopkins. 2014. Sources of variation of health claimable long chain omega-3 fatty acids in meat from Australian lamb slaughtered at similar weights. *Meat Sci.* 96: 1095-1103.
- Priolo, A., D. Micol, J. Agabriel, S. Prache, E. Dransfield. 2002. Effect of grass or concentrate feeding systems on lamb carcass and meat quality. *Meat Sci.* 62: 179-185.
- Ramirez, R. J., R. Morales. 2014. Influence of breed and feeding on the main quality characteristics of sheep carcass and meat: A review. *Chil. J. Agric. Res.* 74(2): 225-233.
- Reglamento (CEE) 2137/92, del Consejo, de 23 de Julio de 1992 relativo al modelo comunitario de clasificación de canales de ovino y se determina la calidad tipo Comunitaria de las canales de ovino frescas y refrigeradas. DOCE nL214, de 30/07/92, 1-5.
- Ruiz de Huidobro, F., V. Cañeque. 1994. Producción de carne en corderos de la raza Manchega. IV. Ecuaciones predictoras de la composición tisular de las canales. *Invest. Agr. Prod. Sanid. Anim.* 9: 71-82.
- Ruiz de Huidobro, F., S. Lauzurica, S. Velasco, C. Pérez, E. Onega. 2000. La canal ovina. In *Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes*. Monografías INIA No.1 Madrid España. 182-185.
- Ruiz de Huidobro, F., E. Miguel, V. Cañeque, S. Velasco. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal ovina. En: Cañeque, V., C. Sañudo editores. *Estandarización de las metodologías para evaluar la canal del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes*, Monografías INIA: serie ganadera. 3: 143-178.
- Safari, E. D. L. Hopkins, N. M. Fogarty. 2001. Diverse lamb genotypes – 4. Predicting the yield of saleable meat and trimmed high value cuts from carcass measurements. *Meat Sci.* 58: 207-214.

- Sañudo, C. 1980. Calidad de la canal y de la carne en el ternasco Aragonés. Tesis Doctoral. Fac. Vet. Universidad de Zaragoza. 337.
- Sañudo, C., I. Sierra, J. L. Olleta, A. Conesa, y M. J. Alcalde. 1989. La calidad de la canal y de la carne en corderos ligeros tipo ternasco: Competencia con canales de procedencia extranjera. Actas de las XIV Jornadas Científicas de la S.E.O.C. Jaén. 223-232.
- Sañudo, C., M. M. Campo, I. M. Sierra, G. A. María, J. L. Olleta, P. Santolaria. 1997. Breed effect on carcass and meat quality of suckling lambs. *Meat Sci.* 46: 357-365.
- Sañudo, C., M. Alfonso, A. Sánchez, R. Delfa, A. Teixeira. 2000. Carcass and meat quality in light lambs from different fat classes in the EU carcass classification system. *Meat Sci.* 56: 89-94.
- Sañudo, A. C. 2008. Calidad de la canal y de la carne ovina. Factores que la determinan. Memoria del Simposio internacional de producción de carne ovina. Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. México.
- SEMARNAT. 2016. Cambios climáticos en México. Disponible en:
http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=103&Itemid=80
- SIAP. 2015. Resumen Nacional Producción, Precio, Valor, Animales Sacrificados y Peso. Disponible en: <http://www.siap.gob.mx/resumen-nacional-pecuario/>
- Silva, S. R, M. J. Gómez, A. Días-da-Silva, L. F. Gil, J. M. T. Azevedo. 2005. Estimation in vivo of the body and carcass chemical composition of growing lambs by real-time ultrasonography. *J. Anim. Sci.* 83(2): 350-357.
- Stanford, K., I. Clark, S. D. M. Jones. 1995. Use of Ultrasound in prediction of carcass characteristics in lambs. *Can J Anim Sci.* 75: 185-189.
- Stewart, W. M., M. Collantes, A. Corchado, J. A. Bertot, F. Uña, V. Torres, L. Zarduy. 2002. Predicción de la canal, composición tisular y rasgos regionales en corderos Pelibuey suplementados con gallinaza. III. Estimación del peso de la paleta. *Rev. Prod. Anim.* 14(2): 5-9.

- Swatland, H. J. 2002. Online monitoring of meat quality. In J. Kerry, J. Kerry, & D. Ledward (Eds.), Meat Proc. Impv. Quality. 191-216.
- Thwaites, C. J., N. T. M. Yeates, R. F. Pogue. 1964. Objective appraisal of intact lamb and mutton carcasses. J. Agric. Sci. Camb. 63: 415-420.
- Vázquez, S. E. T., P. J. A. Partida, L. M. S Rubio, M. D. Méndez. 2011. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. Rev. Mex. Cienc. Pecu. 2(3): 247-258.
- Velasco, S., S. Lauzurica, V. Cañeque, C. Pérez, F. Ruiz De Huidobro, C. Manzanares, M. T. Díaz. 2000, Carcass and meat quality of Talaverana breed sucking lambs in relation to gender and slaughter weight. Anim. Sci. 70: 253-263.
- Warner, R.D., P. L. Greenwood, D. W. Pethick, D. M. Ferguson. 2010. Genetic and environmental effects on meat quality. Meat Sci. 171-183.
- Wilches, D., J. Rovira, I. Jaime, C. Palacios, M. A. Lurueña-Martínez, A. M. Vivar-Quintana, I. Revilla. 2011. Evaluation of the effect of a maternal rearing system on the odor profile of meat from suckling lamb. Meat Sci. 88: 415-423.
- Wolf, B. T., D. A. Jones. 2007. Inheritance of an *in vivo* leg conformation score in Texel lambs and its association with growth, ultrasonic measurements and muscularity. Livest. Sci. 110(1): 133-140.
- Zervas, G., E. Tsiplakou. 2011. The effect of feeding systems on the characteristics of products from small ruminants. Small Rum. Res. 101: 140-149.

10. ANEXOS

Robles, J. L. E., P. J. A. Partida, V. M. E. Arechavaleta, V. I. A. Domínguez. 2016. Correlación entre diferentes parámetros *ante mortem* y *pos mortem* en ovinos de México. Resumen de Reunión Nacional de Investigación Pecuaria Memoria. Año 2. Núm.1. Vol. 1. 179-181.

CORRELACIÓN ENTRE DIFERENTES PARÁMETROS ANTE MORTEM Y POS MORTEM EN OVINOS DE MÉXICO

CORRELATION BETWEEN DIFERENT *ANTE MORTE* AND *POS MORTEM* PARAMETERS OF MEXICAN SHEEP

Robles JLE^{1*}, Partida PJA², Arechavaleta VME², Domínguez VIA¹

¹Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México.

²Instituto Nacional de investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
lizroblez@hotmail.com

Palabras clave: Carcass, Correlations, Morphometric measurements, Sheep, Meat.

INTRODUCCIÓN

En nuestro país la ovinocultura ha crecido a un ritmo elevado, con tasas promedio del 3.8% durante los últimos 10 años, produciéndose más de 59 mil toneladas de carne en canal anualmente, las cuales aún son insuficientes para satisfacer la demanda interna estimada en 90,000 ton/año, además de que la comercialización se da, casi en su totalidad, en animales en pie (FAO, 2015).

Por lo anterior, resultaría de mucha utilidad poder llevar a cabo estudios orientados a predecir la composición en animales vivos sin la necesidad de tener que sacrificarlos.

En este contexto, Marshall *et al.* (2001), encontraron que el peso vivo al momento del sacrificio está muy correlacionado con el perímetro torácico y con la profundidad del pecho. Por lo que la correlación entre parámetros *ante* y *pos mortem* puede ser una herramienta práctica que permita identificar antes del sacrificio los animales cuyas canales sean de mejor calidad, lo que obviamente es de interés de productores y comercializadores, sobre todo tomando en cuenta que ésta información se obtiene antes de la matanza, lo que permite decidir la conveniencia de sacrificar a los animales o en su defecto posponer el sacrificio hasta que alcancen un peso mayor.

En México no se ha implementado un sistema oficial de clasificación de canales ovinas, ni existen estándares de calidad que definan sus atributos, tampoco hay información que relacione variables medibles en animales vivos con características de la canal. Por lo anterior, el objeto fue determinar las mejores correlaciones existentes entre características de la canal ovina que se producen en México y diferentes parámetros *ante mortem*.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se evaluó una muestra de 750 canales producidas en las principales entidades productoras del país. Las variables registradas *ante mortem* fueron: genotipo, sistema de producción, peso vivo al sacrificio, localidad y sexo. Los parámetros *pos mortem* evaluados fueron: peso en canal caliente, peso en canal fría, morfometría de la canal y espesor de la grasa subcutánea.

Mediciones *Ante mortem*. Se registraron todos los datos de sexo, sistema productivo y procedencia de los animales, y se pesaron previamente al sacrificio empleando una báscula digital con capacidad para 250 kg.

Mediciones *Pos mortem*. De acuerdo con los procedimientos comerciales de los diferentes rastros, los animales fueron insensibilizados y sacrificados por desangrado. Posteriormente, se desollaron, evisceraron y se retiró la cabeza, cola y patas de la canal. Se pesaron las canales calientes y se refrigeraron durante 24 horas a 4 °C, se registró el peso de la canal fría. La evaluación morfométrica se realizó tomando las medidas siguientes: perímetro de la grupa, ancho de la grupa, ancho del tórax, longitud interna de la canal, longitud de la pierna y profundidad interna del tórax. Además se midió el área del ojo de chuleta y el espesor de la grasa subcutánea. Con los datos de longitud interna de la canal y de su peso, se calculó el índice de compacidad de la canal.

Análisis estadístico. Los datos de las variables incluidas en el estudio se analizaron por medio de una prueba de Kolmogorov-Smirnov y una prueba de Shapiro-Wilk, para determinar si su distribución se ajustaba a una distribución normal. Posteriormente se realizó un análisis de correlación simple entre las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los mejores coeficientes de correlación entre las variables incluidas en el estudio.

Cuadro 1. Coeficientes de correlación entre características de la canal.

	Peso Sacrificio (kg)	Peso Canal Caliente (kg)	Peso Canal Fría (kg)	Ancho Grupa (cm)	Longitud Canal (cm)	Índice Compacidad	Área Chuleta(cm) ²	Grasa SC (mm)
Peso Sacrificio (kg)	1.000	.817**	.783**	.437**	.326**	.572**	.455**	.296**
Peso Canal Caliente (kg)		1.000	.965**	.367**	.216**	.801**	.416**	.233**
Peso Canal Fría (kg)			1.000	.357**	.210**	.840**	.376**	.208**
Ancho Grupa (cm)				1.000	.165**	.249**	.368**	.218**
Longitud Canal (cm)					1.000	-.346**	.327**	.096**
Índice Compacidad						1.000	.177**	.148**
Área Chuleta (cm)²							1.000	.057
Grasa SC (mm)								1.000

**P<0.001

Cruz *et al.* (1998) indica que el mejor coeficiente de correlación se obtiene entre el peso en vivo y peso en canal caliente, lo cual es parecido con lo obtenido en este estudio. Sin embargo la mejor correlación fue entre el peso de la canal caliente y peso de canal fría. Vargas *et al.* (2008) en un estudio realizado en ovinos de pelo, usando ultrasonografía y evaluación *pos mortem* y para la

asociación de peso en vivo con peso en canal caliente, obtuvo un valor de 0.368, el cual es muy inferior a lo encontrado en este trabajo.

En general, los valores de las correlaciones del área de la chuleta fueron bajos, encontrándose que el peso al sacrificio es el que presentó la mayor relación, el cual podría ser usado para el desarrollo de ecuaciones para la predicción de la cantidad de músculo que se obtendrá en la canal (Wolf *et al.*, 2006).

La grasa subcutánea se tuvo correlaciones significativas con la mayoría de las variables, a excepción del área del ojo de chuleta, lo cual puede ser consecuencia que en la base de datos existen animales con diferentes genotipos, en este sentido, Wolf *et al.* (2006) encontró correlaciones significativas en ovinos de lana para estas dos variables, pero esos resultados no se vieron reflejadas en los animales de pelo.

Es importante mencionar que las correlaciones que se reportan en este estudio se obtuvieron del total de las canales evaluadas que incluyen animales con diferentes genotipos.

CONCLUSIONES E IMPLICACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos, podemos indicar que existen correlaciones significativas en la mayoría de las variables evaluadas, lo cual puede ser de utilidad para el desarrollo de ecuaciones para predecir la calidad de la canal en ovinos. La determinación de estas correlaciones podrá ser de gran utilidad para clasificar las canales ovinas en México de acuerdo con su calidad.

FUENTE FINANCIERA Y/O RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen al Fondo Sectorial de Investigación en Materia Agrícola, Pecuaria, Acuícola, Agrobiotecnológica y Recursos Fitogenéticos SAGARPA, CONACYT, COFUPRO por el financiamiento para la realización de este trabajo. Asimismo, se agradece al CONACYT por el otorgamiento de una beca para la realización de estudios de Maestría en Ciencias del primer autor.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Cruz E, García R, Miranda G, León E, Fonseca Y. Relación entre peso vivo, condición corporal e indicadores bioquímicos de la nutrición en ovejas vacías y secas de la raza Pelibuey. *Arch zootec.* 1998; 48:226.
- FAO, 2015. Consumo de carne. (Citado en: Septiembre del 2016). Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>.
- Marshall, W, Collantes M, Corchado A, Bertot J, Uña F, Torres V, Martín A. Predicción de la canal, composición tisular y rasgos regionales, en corderos Pelibuey suplementados con gallinaza. II. Estimación del peso de la carne. *Rev. Prod. Anim.* 2001; 13: 37-42.
- Vargas F, Vergara I, Pérez MA, De Lucas J. (2008). Características de la canal en ovinos de pelo mediante uso de ultrasonografía y evaluación *pos mortem*. *XXX Jornadas Científicas de la SEOC.* 86-90.
- Wolf BT, Jones DA, Owen MG. In vivo prediction of carcass composition and muscularity in purebred Texel lambs. *Meat Sci.* 2006; 74:416-423.