

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**Instituto de Ciencias Agrícolas**



**PREDICCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CANAL DE  
IMPORTANCIA ECONÓMICA EN CORDEROS FINALIZADOS  
EN CORRAL A PARTIR DE VARIABLES DE  
COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO**

**TESIS**

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**PRESENTA**

**ARIADNA TATIANA CARBAJAL ESTRADA**

**DIRECTOR**

**DR. ULISES MACÍAS CRUZ**

**EJIDO NUEVO LEÓN, MEXICALI, B.C., MÉXICO**

**MAYO DE 2022.**

La presente tesis titulada “**PREDICCIÓN DE CARACTERÍSTICAS DE CANAL DE IMPORTANCIA ECONÓMICA EN CORDEROS FINALIZADOS EN CORRAL A PARTIR DE VARIABLES DE COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO**”, realizada por la **C. Ariadna Tatiana Carbajal Estrada** y dirigida por el **Dr. Ulises Macías Cruz**, fue revisada y aprobada por el Consejo Particular abajo indicado como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRA EN CIENCIAS EN SISTEMAS**

**DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**Consejo Particular**

**Presidente/Director**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Ulises Macías Cruz**

**Sinodal/Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Leonel Avendaño Reyes**

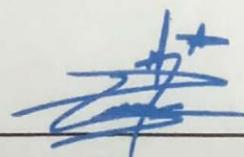
**Sinodal/Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. María de los Ángeles López Baca**

**Sinodal/Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Francisca Avilés Nova**

**Sinodal/Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Ricardo Vicente Pérez**

**“POR LA REALIZACIÓN PLENA DEL HOMBRE”**

Ejido Nuevo León, Mexicali Baja California, México; mayo de 2022.

## AGRADECIMIENTOS

A **Dios y al universo**, por poner cada cosa, cada lugar y cada persona en el sitio indicado en el momento justo...

A **CONACYT**, por el apoyo económico durante el programa de la Maestría, a la **UABC**, por darme la oportunidad de ser parte de su comunidad.

A mi comité de tesis, y personal del Instituto de Ciencias Agrícolas

**Dr. Ulises**, por la enseñanza académica los mil y un consejos de comprensión y redacción, y de la vida misma.

**Dra. Francisca**, por convencerme de estudiar la maestría.

**Dr. Leonel, Dr. Ricardo**, porque la regresión no se aprende en un día...

**Dra. Angeles**, el arduo trabajo del corral nunca se acaba...

**Dr. Daniel González, Maestro Saúl Fregoso**

A mi **Mamá** y al **sr Juan**, por cuidar de mi hijo, por llamarme todas las noches y recordarme el objetivo de la distancia, por la confianza a mi persona...

A mi hermana **Kenny**, porque siempre pintas mis miedos de alegría.

A mis compañeros de maestría

## DEDICATORIA

A mi familia...

A mi hijo y mi mamá. Al niño bonito que me alegra las noches con sus ocurrencias, Aurelio, eres la persona más grandiosa en mi vida. A la señora que siempre me da seguridad y valor para recorrer el mundo.

A mi hermana y mis sobrinos.

A mi ángel guardián, estoy segura estuvo conmigo en todo momento.

De mí para mí...

## ÍNDICE DEL CONTENIDO

<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>viii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>x</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	<b>3</b>
2.1. Situación mundial de la ovinocultura .....	3
2.2. Ovinocultura en México .....	6
2.2.1. Comercialización de la carne ovina en México .....	8
2.3. Ovinos de pelo en México .....	9
2.3.1. Comportamiento productivo en corral .....	12
2.3.2. Características de la canal .....	14
2.4. Evaluación de las características de la canal .....	15
2.4.1. Evaluación de peso y rendimiento de la canal .....	17
2.4.2. Evaluación de deposición de grasa interna .....	18
2.4.3. Evaluación del área del ojo de la costilla .....	18
2.5. Predicción de características de la canal .....	21
2.5.1. Modelos de predicción con uso de nuevas tecnologías .....	22
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.1. Localización del estudio .....	24
3.2. Manejo y sacrificio de los animales .....	24
3.3. Colección de datos .....	25
3.4. Análisis estadístico .....	25
<b>IV. RESULTADOS</b> .....	<b>26</b>
4.1. Estadísticos descriptivos .....	26
4.2. Correlaciones de Pearson .....	27
4.3. Ecuaciones de predicción .....	27
4.4. Validación de las ecuaciones.....	33
<b>V. DISCUSIÓN</b> .....	<b>39</b>
5.1. Estadísticos descriptivos .....	39
5.2. Correlaciones de Pearson .....	40

5.3. Ecuaciones de predicción .....	43
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>46</b>
<b>VII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>47</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Estadísticos descriptivos de las variables de desempeño en corral y características de la canal en corderos de pelo finalizados en corral .....	26
<b>Cuadro 2.</b> Coeficientes de correlaciones de Pearson de las variables de comportamiento en corral con las características de la canal en corderos de pelo finalizados en corral .....	27
<b>Cuadro 3.</b> Ecuaciones de regresión lineal seleccionadas para predecir el peso vivo vacío en corderos de pelo finalizados en corral .....	30
<b>Cuadro 4.</b> Ecuaciones de regresión lineal seleccionadas para predecir los pesos de la canal caliente y fría en corderos de pelo finalizados en corral .....	31
<b>Cuadro 5.</b> Ecuaciones de regresión lineal seleccionadas para predecir el área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> en corderos de pelo finalizados en corral .....	32

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Métodos para estimar el área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> : A) Método Grade-UNESP (cuadrícula de punto= 0.25cm <sup>2</sup> ) y B) Método Geométrico .....	20
<b>Figura 2.</b> Relación entre valores predichos y observados para las variables de peso vivo vacío y características de la canal usando el modelo final seleccionado.....	34
<b>Figura 3.</b> Relación entre el peso vivo vacío (PVV) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado .....	35
<b>Figura 4.</b> Relación entre el peso de la canal caliente (PCC) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado.....	36
<b>Figura 5.</b> Relación entre el peso de la canal fría (PCF) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado .....	37
<b>Figura 6.</b> Relación entre el área del músculo <i>Longissimus dorsi</i> predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado...	38

## RESUMEN

El objetivo de este estudio fue desarrollar ecuaciones para predecir el peso vivo vacío (PVV) y algunas características de la canal de importancia económica en corderos de pelo engordados en corral utilizando información de su comportamiento productivo durante la fase de finalización. Se utilizó información de 258 corderos Dorper x Pelibuey que se sometieron a pruebas de comportamiento productivo alrededor de 32 d antes del sacrificio. Las variables medidas fueron: peso inicial y final (PI y PF), ganancia diaria de peso (GDP) y total, consumo de materia seca (CMS), eficiencia alimenticia, peso vivo vacío (PVV), pesos de la canal caliente (PCC) y fría (PCF), y área del músculo *Longissimus dorsi* (LD). Se estimaron estadísticos descriptivos y correlaciones de Pearson para todas las variables, mientras que las ecuaciones se desarrollaron por regresión lineal múltiple. Los corderos ganaron diariamente  $220 \pm 0.06$  g, consumieron  $1.35 \pm 0.28$  kg de MS y tuvieron una eficiencia alimenticia de 160 g de GDP/ kg de CMS. El PVV fue  $30.72 \pm 6.13$  kg, mientras que el PCC, PCF y área del LD fueron  $18.30 \pm 3.40$  kg,  $17.87 \pm 3.42$  kg y  $14.34 \pm 3.35$  cm<sup>2</sup>, respectivamente. Con excepción de la eficiencia alimenticia, todas las variables de comportamiento productivo se correlacionaron positivamente ( $P < 0.01$ ;  $0.45 \leq r \leq 0.92$ ) con el PVV, PCC y PCF. El área del LD se correlacionó ( $P < 0.01$ ;  $0.34 \leq r \leq 0.37$ ) solamente con el PI y PF. Las ecuaciones seleccionadas ( $P < 0.01$ ) para PVV, PCC y PCF incluyeron solamente al PF como variable predictora, las cuales tuvieron valores de  $R^2 \geq 91\%$ , y  $RMSE \leq 1$ ; en la validación, los valores observados y predichos coincidieron entre 90 y 98% a través de los modelos, mientras que los residuales se distribuyeron alrededor de cero, confirmando los supuestos de la regresión y demostrando una precisión y exactitud alta de predicción. La ecuación de área del LD incluyó al PF y CMS como predictoras, pero tuvo una alta variabilidad ( $RMSE = 2.1$ ) una precisión moderada ( $R^2_{adj} = 50\%$ ) lo que llevó a un modelo con exactitud baja para predecir. En conclusión, el PVV y el peso de las canales de corderos de engorda finalizados en corral pueden predecirse con ecuaciones desarrolladas con una variable de comportamiento productivo, particularmente usando el PF como predictora.

**Palabras clave:** Modelos predictivos de canal, ovinos, sacrificio, peso vivo vacío.

## ABSTRACT

The aim of this study was to develop equations to predict empty live weight (ELW) and some economically important carcass traits from feedlot variables obtained during the finishing phase of fattening hair lambs. Data from 258 Dorper x Pelibuey male lambs, which were included in 32-d feeding trial before slaughter, were used. The variables measured were: initial and final weight (FW), daily (DWG) and total weight gain, dry matter intake (DMI), feed efficiency, ELW, hot (HCW) and cold (CCW) carcass weight, and area of the *Longissimus dorsi* muscle (LD). Descriptive statistic and Pearson correlations were estimated for all variables, while the equations were developed using multiple linear regression. Male lambs daily gained  $220 \pm 0.06$  g, consumed  $1.35 \pm 0.28$  kg and had a feed efficiency of 160 g DWG/kg DMI. The ELW was  $30.72 \pm 6.13$  kg, while HCW, CCW and LD area were  $18.30 \pm 3.40$  kg,  $17.87 \pm 3.42$  kg y  $14.34 \pm 3.35$  cm<sup>2</sup>, respectively. With exception of feed efficiency, all productive performance variables were positively correlated ( $P < 0.01$ ;  $0.45 \leq r \leq 0.92$ ) with ELW, HCW and CCW, but with LD area only initial weight and FW ( $P < 0.01$ ;  $0.34 \leq r \leq 0.37$ ). The equations selected for ELW, HCW and CCW included only to FW as predictor, and they had values for  $R^2 \geq 91\%$ , y RMSE  $\leq 1$ ; based on validation, observed and predicted values agreed between 90 and 98% across the models, and residuals were distributed around 0, evidencing a high precision and accuracy for prediction. The equation for LD area considered FW and DMI as predictors, but had high variability (RMSE= 2.1) joint with moderate precision ( $R^2_{adj} = 50\%$ ), whereby this model showed low prediction accuracy. In conclusion, ELW and carcass weights finishing male lambs in feedlot can be predicted from equations developed with productive performance variables, particularly using FW as predictor.

**Keywords:** Carcass predictive models, sheep, slaughter, empty live weight.

## I. INTRODUCCIÓN

En México más del 90% de la carne de ovino se consume tradicionalmente como barbacoa, seguido de otros platillos típicos como los mixiotes y la birria; no obstante, la diversificación de platillos en lugares turísticos y restaurantes ofrece un mayor potencial de crecimiento para este sector (Hernández-Marin et al., 2017). En países como España, Australia y Uruguay, los platillos gourmet y cortes finos también están cobrando relevancia, otorgándole un valor agregado a dicha carne dentro de su cadena de comercialización. Sin embargo, en nuestro país este tipo de mercado es aún incipiente, aunque tiene un futuro prometedor debido a que en el país es cada vez más frecuente la venta de cortes finos (Castro et al., 2014; González et al., 2013). No obstante, este tipo de mercado demanda corderos que produzcan canales de calidad, caracterizados por alto rendimiento, buena conformación y adecuado balance entre deposición de carne y grasa.

En la actualidad, con el fin de atender la calidad de la canal que demanda el mercado de cortes y el mejor precio de este producto, los ovinocultores buscan mejores estrategias productivas y de comercialización que se apeguen a estas exigencias (Partida de la Peña et al., 2017). En este sentido, si el ovinocultor pudiera tener una noción de las características de la canal de los corderos que engorda, sin necesidad de esperar a realizar una evaluación *in vivo* de las mismas, podría buscar nuevas rutas de comercialización donde la calidad de la canal reciba un valor agregado y represente mayores ingresos económicos, lo cual repercutirá en una oportunidad para potencializar la cadena de producción ovina (Sosa Urrutia et al., 2017). Por lo tanto, el desarrollo de métodos indirectos para evaluar las características de la canal antes del sacrificio podrían ser herramientas útiles para la toma de decisiones de producción y comercialización de productores e intermediarios.

Actualmente, en la literatura se pueden encontrar algunas ecuaciones desarrolladas para predecir el peso vivo vacío (PVV), así como los pesos de las canales y su composición tisular en ovinos, tanto de engorda como de destete. Dichas ecuaciones se han realizado a partir del uso de variables predictoras al peso vivo, condición corporal, algunas medidas biométricas corporales, y mediciones hechas por

ultrasonido o rayos X, llegándose a obtener modelos de predicción con aceptables precisión y exactitud (Camacho et al., 2011; Juárez et al., 2018; Chay Canul et al., 2019; Bautista-Díaz et al., 2020), particularmente cuando se busca predecir PVV o peso de la canal. Sin embargo, estos intentos han resultado en dos problemas importantes: 1) la obtención de medidas se origina de un manejo estresante para los animales, y 2) la precisión de las ecuaciones no ha sido consistente para todas las variables predichas (Lambe et al., 2009; Juárez et al., 2018).

El peso de la canal es una de las características de mayor importancia económica cuyo conocimiento permite valorar el proceso de engorda del animal y tomar decisiones sobre la comercialización del producto (Bautista et al., 2020). Tradicionalmente se obtiene a través del pesaje en una báscula después del sacrificio y eviscerado en rastro, por lo que si fuera posible predecirla mediante el uso de variables asociadas al crecimiento de la finalización de la engorda, representaría un gran ahorro en tiempo y costo para el ovinocultor. Otras características de la canal de importancia económica en las cuales el proceso de predicción con este tipo de variables sería de gran valor son el área del ojo de la costilla y el rendimiento en canal. Cabe mencionar que el peso vivo al sacrificio es una variable de comportamiento productivo que tradicionalmente se ha usado para tratar de predecir el PVV o características de la canal, sin embargo, la incorporación de otras como la tasa de crecimiento, el consumo de alimento y la eficiencia alimenticia, podrían ayudar a mejorar dichos modelos. En este sentido se planteó la hipótesis de que, en corderos de engorda en etapa de finalización, el PVV y las características de la canal como el peso de la canal y área del músculo *Longissimus dorsi* son predecibles a partir de las variables de comportamiento productivo. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue construir ecuaciones de predicción para el PVV y características de canal a partir de variables de comportamiento productivo en corderos de engorda del genotipo de pelo finalizados en corral.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Situación mundial de la Ovinocultura

Los ovinos fueron de las primeras especies animales que domesticó el hombre para aprovechar su carne, leche y piel. Los primeros ovinos fueron criados en el sureste de Asia; su tamaño, capacidad reproductiva, comportamiento social y conducta apacible fueron rasgos de interés para su domesticación, pero un factor determinante para su crianza fue la dificultad que representaba conservar todo tipo de carne (Mazinani y Rude, 2020). En la actualidad, la crianza del ovino se desarrolla para la producción de carne, leche, piel y lana.

El ritmo y nivel de producción de carne, leche, piel y lana de ovinos a nivel global se ha asociado a características propias del producto y a su demanda en el mercado. La carne del ovino se valora por los elementos nutricionales que aporta a la dieta humana tales como grasa, aminoácidos esenciales y micronutrientes. Además, el consumo de este tipo de carne se le atribuye propiedades que beneficia la salud y el bienestar del hombre (Hernández-Marín et al., 2017). Por su parte, la leche de esta especie doméstica se aprecia por su alto contenido de sólidos, proteínas, lactosa y grasa en comparación a la leche de vaca, características ideales para aprovecharla en la elaboración de diferentes tipos de quesos y yogurt (Parsons y Nicholson, 2017). La piel de ovinos es un subproducto de la industria cárnica, de tal manera que su producción está ligada al número de animales explotados y sacrificados. Mientras la producción de lana ovina actualmente ya no es un negocio tan atractivo debido a que su demanda mermó desde que la industria textil sustituyó la fibra natural por fibras sintéticas para la producción de productos para la fabricación de ropa (Mazinani y Rude, 2020; OCDE-FAO, 2020).

La población mundial de ovinos actualmente supera los 1,000 millones de cabezas, siendo Asia el continente que mayor población alberga con 512 millones de ovinos, seguido por África con 352 millones. Acorde a los datos de FAOSTAT, la población ovina ha sido creciente de 1961 a 2018, lo cual obedece al incremento en la demanda de carne y leche principalmente, en respuesta a un aumento en la población mundial (Parsons y Nicholson, 2017). Por otra parte, el crecimiento de la población

humana y el incremento en la demanda en el consumo de carnes rojas ha favorecido las tendencias del consumo de carne de borrego por su frescura, contenido nutricional y calidad sensorial (Goodfray et al., 2018) dando cabida al incremento en la demanda de carne en cortes finos y sin hueso; estas características de calidad en la carne de cordero dan ventaja a la comercialización de la misma y promete un incremento en la producción mundial (Hervé, 2013; Bjelanovic et al., 2015).

La producción de carne de ovino a nivel mundial superó los 9 millones de toneladas, concentrándose principalmente en Asia y África (OCDE-FAO, 2020). Alrededor del 37% de la producción mundial de esta carne es aportada por China, Australia, Nueva Zelanda, India y Reino Unido, convirtiéndolos en los países referenciales para la comercialización de la misma (Morris y Kenyon, 2014). No obstante, algunas restricciones climáticas están reduciendo la producción en estos países, situación que impacta al mercado chino dado que también es el país que más consume e importa esta carne (FAO, 2020). En el caso del continente americano, la mayor producción se concentra en países como Brasil, que si bien su consumo no es elevado es el principal proveedor de materias primas y carne; Uruguay, ha desarrollado programas de trazabilidad y calidad en la industria ovina; mientras Argentina y Estados Unidos también se suman a los principales productores de América (FAOSTAT, 2018). Australia y Nueva Zelanda encabezan estas exportaciones, mientras una parte importante de la Unión Europea es responsable aproximadamente del 38 % de la importación, seguido de China, mismo que la OCDE y la FAO señalan que China será responsable del mercado durante la siguiente década en respuesta a la alta demanda de importaciones por parte del continente asiático (FAO, 2020).

El consumo per cápita de carne de ovino es alrededor de 1.7 kg, siendo China el país que consume aproximadamente el 46% de la carne ovina que se produce en el mundo. En comparación a otros tipos de carne, la carne de ovino ocupa el cuarto lugar en consumo, solamente detrás de las carnes de pollo, cerdo y res (Goodfray et al., 2018; Lage et al., 2020). Sin embargo, en países como Australia, Nueva Zelanda, India y Europa la carne de ovino resulta ser la principal fuente de proteína de origen animal (Mazinani y Rude, 2020).

Los objetivos de producción del sector ovino están ligados a factores climáticos, geográficos, económicos y sociales. En algunos países la crianza de ovinos es una actividad común, mientras que, en otros la producción ovina es principalmente un medio de subsistencia para el ingreso familiar, el cual utiliza subproductos agrícolas y el pastoreo como base del sistema de producción (Vázquez-Martínez et al., 2018). En tanto, en países desarrollados es común la producción intensiva con apoyo de tecnológica de última generación (Dýrmundsson, 2006). Las características que han permitido que la ovinocultura mantenga ritmos de crecimiento positivos son su capacidad de adaptación a las diversas condiciones geográficas alrededor del mundo, su habilidad productiva en condiciones adversas y su alta conversión alimenticia con respecto a otras especies animales (Vicente Pérez et al., 2020).

La adaptabilidad de los ovinos a los diversos medios ecológicos y alimenticios ha permitido su producción para el abasto de carne alrededor del mundo (González et al., 2011). Montossi et al. (2013) señalan que esta misma condición ha permitido la variabilidad en los sistemas de producción y la explotación de distintas razas de acuerdo a las condiciones agroecológicas y ambientales regionales. La utilización de ecosistemas no aptos para otras especies, su alto potencial productivo y reproductivo, y mayor número de animales por carga animal los ha posicionado como una de las especies domésticas de mayor importancia (Cardona Tobar et al., 2020). Otros autores señalan que el comportamiento productivo de cada raza depende en gran parte del cruzamiento de las mismas, por ejemplo, la especialización en carne y cruzamientos con ovinos de pelo han presentado buenas eficiencias en crecimiento y ganancias diarias de peso (Lupton et al., 2007; Magaña et al., 2015; Quintanilla et al., 2018). En este sentido, el ovino tiene alto potencial a nivel mundial para la producción de carne, leche y otros subproductos, por su capacidad adaptativa, principalmente a condiciones ambientales donde otras especies domésticas no logran sobrevivir.

## **2.2. Ovinocultura en México**

En México, la ovinocultura se considera como una actividad tradicional que ofrece buenas oportunidades de ingresos a las familias mexicanas, pasando de ser una actividad de traspatio a un negocio de alto potencial (Hernández-Marín et al., 2017). El inventario ovino nacional supera los 8 millones de cabezas y anualmente se producen más de 130 mil toneladas de este tipo de carne (Bobadilla-Soto et al., 2021). La producción nacional se concentra en el centro del país, particularmente en el estado de México, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala y Guanajuato (Hernández-Marín et al., 2017). En estas entidades se usan razas de lana, pelo y sus cruzas, su principal objetivo es la producción de carne, aunque aún existen productores que tradicionalmente siguen esquilando los ovinos de lana para la venta de esta fibra natural a la industria del textil (Orona-Castillo et al., 2014).

Si bien la región centro del país destaca por ser la más productora de carne ovina, a lo largo del territorio nacional se observa diversidad de recursos naturales y climatológica, lo cual a su vez generó la explotación de diferentes razas en sistemas de producción adaptadas a características propias de cada región (Partida de la Peña et al., 2017). La región tropical, localizada principalmente al sur del país, también ha tenido un incremento significativo en la producción de carne de borrego, principalmente en los estados de Veracruz, Yucatán, Campeche y Tabasco (González-Garduño et al., 2014). Así, alrededor del 23 % de la producción nacional de borregos es aportada por la región sureste (Orona-Castillo et al., 2014).

Los sistemas de producción se caracterizan por tener explotaciones de tipo extensivos y el uso de razas ovinas de pelo (Pelibuey y Blackbelly), así como otras razas de tipo cárnicas introducidas en las últimas dos décadas (Dorper y Katahdín) para mejorar las características productivas de las razas locales (Vázquez-Martínez et al., 2018). La abundante vegetación y el clima estable cálido-húmedo que predomina en la región sureste del país permite el desarrollo de esta actividad a bajo costo al aprovechar las fuentes de alimento que naturalmente ofrece la región; no obstante, los problemas de parásitos representan uno de los principales gastos de producción (Magaña et al., 2015; Vázquez-Martínez et al., 2018). Cabe señalar que, en la

actualidad, ya existe una pequeña proporción de productores que desarrollan esta actividad pecuaria de una manera empresarial, y la tecnificación de estas explotaciones es considerable con corrales elevados y uso de dietas integrales para la engorda intensiva de los corderos (Muñoz-Osorio et al., 2015).

En la región norte predominan los sistemas de producción semi-extensivos e intensivos, siendo los estados con mayor producción Coahuila, Durango, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas y Zacatecas, quienes en conjunto aportan alrededor del 17% de la producción nacional (Ramírez-López y Coronado-Minjarez, 2017). El sistema semi-extensivo consiste en el pastoreo diurno de agostaderos naturales o pastizales mejorados, con encierro nocturno y ocasionalmente se ofrece concentrado a manera de suplementación; se aplica este sistema mayormente a las hembras reproductoras (Cardona Tobar et al., 2020). El sistema intensivo, se usa para la engorda de corderos y consiste en encerrarlos permanentemente en corrales comunes para ser alimentados con dietas integrales formuladas con una proporción alta de grano (40-70%; Macías-Cruz et al., 2010).

Sin embargo, a pesar de la extensa distribución de los ovinos en México e incrementos en la producción de carne observados en la última década, la demanda de este producto continúa siendo insatisfecha. La importación actual de carne de ovino en México radica entre el 20 y 30%, menor al 50% que se importaba hace dos décadas (Bobadilla-Soto et al., 2017). Los países que principalmente proveen de carne ovina a México son: Nueva Zelanda, Australia, Estados Unidos y Uruguay (Bobadilla-Soto et al., 2021). En general, el consumo per cápita anual se encuentra alrededor de 0.70 kg y el 95% de esta carne se consume principalmente a través de platillos típicos, barbacoa principalmente (Bobadilla-Soto et al., 2021). No obstante, en la actualidad existe una tendencia a incrementar la demanda de cortes finos para consumirse asados en parrillas o platos de alta cocina, principalmente en lugares turísticos y restaurantes gourmet (Quintanilla et al., 2018).

Una situación que impide el crecimiento e inversión a la ganadería ovina en el interior de la República Mexicana, particularmente centro y norte del país, es la falta de mercado seguro y precios estandarizados tanto de animal en pie como en canal.

Además, la ausencia de una estructura de comercialización sólida del sistema producto ovino es una ventana que aprovecha el intermediario para pagar hasta 40% menos por kilogramo de cordero comparado con los precios del centro del país.

### **2.2.1. Comercialización de carne ovina en México**

En México, los canales de comercialización del ganado ovino o su carne están controlados por intermediarios, quienes se llevan el mayor margen de utilidad y definen los precios del producto cárnico de acuerdo a la lejanía del centro del país (Mondragón-Ancelmo et al., 2014). Dado que los intermediarios generalmente sacrifican para vender en canal o cortes, ellos buscan condicionar a los productores para la venta de sus animales en pie, jóvenes y gordos, por lo que generalmente castigan significativamente los precios de animales de desecho, flacos o genotipos no deseados (Ramírez y Coronado, 2017; Camacho et al., 2018). Así, los productores generalmente tienen acceso a un mercado local y condicionado, mientras que el intermediario se encarga de dar valor agregado a los corderos de engorda e incorporar su carne a mercados más grandes (Mondragón-Ancelmo., 2011).

El mercado nacional demanda regularidad, calidad y uniformidad para la carne de borrego, situación que pone en desventaja a los productores mexicanos y da cabida a la carne de importación (Partida de la Peña et al., 2017). Por otro lado, el costo de canales provenientes del extranjero es 15 % menos que las canales nacionales, lo cual ocasiona una ligera preferencia a las canales importadas (González et al., 2010; Martínez et al., 2010; Mondragón-Ancelmo et al., 2014). En este sentido, FIRA (2014) sugiere proporcionar a los productores los elementos necesarios que les permitan potenciar su visión empresarial, tales como: sistemas de información, financiamiento, estandarización de los precios de los productos, diversificar la cultura del consumo del ovino, e infraestructura para sacrificio-comercialización (Hernández et al., 2013).

En el sentido de lo anterior y para mejorar el precio del producto ovino en México, se requiere de un sistema de clasificación de canales como en países desarrollados (Partida de la Peña et al., 2017). A su vez, del empleo de razas cárnicas

especializadas para cruzarlas con los ovinos de pelo que predominan en las diferentes regiones de México.

### **2.3. Ovinos de pelo en México**

En México, los primeros ovinos de pelo fueron traídos por los esclavos africanos durante la colonia (Ulloa-Arvizu et al., 2009). Estos ovinos eran de las razas Pelibuey y Blackbelly, inicialmente se distribuyeron por todo el sur del país, se adaptaron fácilmente debido a que las condiciones climáticas fueron similares a las de su lugar de origen (Ulloa-Arvizu et al., 2009; Dzib et al., 2011). La explotación de estos ovinos después de su llegada a México fue una actividad de traspatio, comúnmente considerada de autoconsumo y de ingreso extra cuando el ovino se vendía en pie a vecinos o familiares, además fue un sistema de producción de bajo valor económico debido a que la especie no producía lana (Zavala et al., 2008; Cardona-Tobar et al., 2020). Sin embargo, a finales de los 80's e inicios de los 90's, el objetivo de la producción ovina transitó a producir carne, dado que las telas sintéticas desplazaron el mercado de la lana (Ulloa-Arvizu et al., 2009). Este cambio resultó ventajoso para promover la producción de carne a partir de ovinos de razas de pelo, ya que, a diferencia de las razas de lana, son más prolíficas y su estacionalidad reproductiva es prácticamente inexistente, permitiendo mantener una producción de cordero constante a través del año y, con ello, la disponibilidad de carne ovina (Cardona Tobar et al., 2020).

Actualmente los ovinos de pelo se encuentran distribuidos en casi todo el territorio mexicano, principalmente en áreas tropicales y áridas. Los ovinos de pelo han mostrado buena productividad bajo condiciones donde otras especies no se han podido adaptar (Cienfuegos Rivas et al., 2010). La adaptabilidad de las razas ovinas de pelo a condiciones térmicas adversas y a parásitos, así como su escasa estacionalidad y alta rusticidad favorecen que puedan reproducirse y crecer bajo cualquier tipo de clima (González et al., 2010; Quintanilla et al., 2018; Vicente Pérez et al., 2020). Se ha documentado que ovinos de genotipo de pelo presentan altas tasas de fertilidad y menor daño fisiológico en climas extremos (Zavala et al., 2008; González

et al., 2013; Vicente Pérez et al., 2020). Cabe destacar que, la eficiencia en las explotaciones ovinas depende de tres aspectos fundamentales: 1) tasa reproductiva, 2) crecimiento del cordero y 3) la calidad del canal (Magaña et al., 2011). En este sentido, los ovinos de pelo han mostrado eficiencia reproductiva, bajos costos de mantenimiento y habilidad para convertir alimentos fibrosos y de mala calidad en productos para el consumo humano bajo condiciones adversas (González-Reyna et al., 2020; Vicente Pérez et al., 2020).

Los ovinos de pelo, representan alrededor del 23% del inventario nacional, en la mayoría de las unidades de producción ovina se utiliza más del 90% de cruzamientos entre razas de pelo, encontrándose mayor presencia de genotipos: Pelibuey, Blackbelly, Katahdin y Dorper (Hinojosa-Cuéllar et al., 2012; Muñoz et al., 2015). La distribución de los ovinos de pelo en el país se ha dado de acuerdo a las particularidades de cada región y de cada raza, posicionándolos como los mejores genotipos para la producción de carne (Arroniz et al., 2010). No obstante, el mejoramiento genético ha permitido mejorar parámetros productivos y reproductivos en estas razas (Cardona Tobar et al., 2020). Cienfuegos Rivas et al (2010) señalan que la especialización de carne se ha formado a partir de razas de líneas materna y paterna, donde a la raza Pelibuey y Blackbelly se les considera como maternas, mientras a las razas Katahdin y Dorper como paternas (Arroniz et al., 2010; Cienfuegos et al., 2010; Aguilar-Martínez et al., 2017). La introducción de razas exóticas para cruzamientos con los ovinos criollos ha sido clave para mejorar la producción de carne, la descendencia resulta con mayor capacidad de sobrevivencia, tasas de crecimiento, eficiencia alimenticia y el rendimiento en canal, proporcionando al mercado canales con mejor conformación (Partida de la Peña et al., 2013).

Actualmente la raza Pelibuey es de las más distribuidas en el país, debido a su poca estacionalidad, alto desempeño productivo y eficiencia alimenticia (Ulloa-Arvizu et al., 2009; Aguilar-Martínez et al., 2017). La raza Pelibuey en cruzamientos con Dorper y Katahdin mejora el peso al destete y la ganancia diaria de peso (Hinojosa Cuéllar et al., 2012). La raza Blackbelly, otra de las razas altamente explotadas en México, se caracteriza por su excelente habilidad materna, lo cual asegura la

sobrevivencia del cordero al destete, además su rusticidad le permite adaptarse en el trópico. Sin embargo, ambas razas ovinas de pelo son de lento crecimiento, por lo cual deben mejorar su potencial con razas especializadas en producción de carne (Zavala et al., 2008; Cienfuegos Rivas et al., 2010; Dzib et al., 2011; Partida de la Peña et al., 2013).

La morfología de la raza Blackbelly se caracteriza por tener un cuerpo alargado aparentemente delgado, con lomo y grupa rectos y costillar profundo, los machos tienden a desarrollar crin en el cuello (AMCO, 2007). La cruce de Blackbelly y Dorper genera en la progenie mayores ganancias de peso pre y post destete. Estos híbridos al final de la engorda tienen cuerpo simétrico y proporcionado, cuello ancho y musculoso, costillar amplio y profundo, con lomo largo y recto, grupa ancha y musculosa y canales de excelente conformación (Cienfuegos Rivas et al., 2010; Partida de la Peña et al., 2013; Souza et al., 2016).

El ovino de pelo Dorper es una raza sintética, introducida con éxito en zonas áridas, semiáridas, climas húmedos y subhúmedos, valorado por su velocidad de crecimiento. Este genotipo ha mostrado mejores dimensiones corporales comparado con otras razas como la Katahdin y Pelibuey, canales más anchas, crecimiento rápido, predisposición a convertir el forraje en carne y excelente adaptación a diversos ambientes (Arroniz et al., 2010; Partida de la Peña et al., 2013; Ramírez y Coronado, 2017). Su conformación, características de canal y calidad de carne son atributos que le generan a la raza un mejor precio de mercado, en consecuencia, posiciona a la raza entre las más solicitadas para su explotación en algunas regiones del país (Ramírez y Coronado, 2017).

La raza Katahdin también ha sido utilizada para mejorar los índices de crecimiento en los ovinos de pelo, presenta similitudes reproductivas con el ovino Pelibuey, pero mayores pesos al nacimiento (Chay-Canul et al., 2019). Su fertilidad y prolificidad le ha permitido una alta aceptación en la producción ovina (Chay-Canul et al., 2019). Anatómicamente presentan cuello ancho de longitud media, pecho amplio y profundo, la grupa y piernas son rectas y musculosas, y el rendimiento en canal es satisfactorio (Partida de la Peña et al., 2013). En cruzamientos con Dorper y Charollais

(K × D, K × Ch), se ha observado pesos al nacimiento elevados, crecimiento consistente y pesos al sacrificio superiores al de otras razas (Vázquez Soria et al., 2011).

### **2.3.1. Comportamiento productivo en corral**

El potencial de crecimiento de los corderos en confinamiento es determinado por factores genéticos, efectos maternos, condiciones climáticas y aspectos nutricionales desde la primera etapa de vida del cordero *in útero* (Nasrat et al., 2016). Sin embargo, para que los corderos expresen al máximo su potencial de crecimiento, estos deben experimentar condiciones ambientales y nutricionales favorables para mantener en armonía sus funciones metabólicas. Las variables de importancia económica para evaluar el comportamiento productivo en corral son la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia, los cuales se asocian al tiempo de engorda y a características de la canal (Muñoz, 2021). En todo sistema de producción, la información registrada sobre el comportamiento productivo del cordero desde el nacimiento hasta el final de la engorda, coadyuva en la toma de decisión sobre el destino de los animales tanto para abasto como para reemplazo (Figueiredo Filho et al., 2016).

En la mayoría de las razas de pelo, el sexo es uno de los factores que mayor influencia tiene sobre la tasa de crecimiento pre y post-destete en corderos, el aprovechamiento de nutrientes y el peso en la canal (Macías-Cruz et al., 2010; Hinojosa Cuellar et al., 2015). El peso al destete en corderos Pelibuey × Blackbelly (P × B) es influenciado por el tipo de parto, peso y época de nacimiento (Hinojosa-Cuellar et al., 2015). La ganancia de peso post-destete es el indicador más relacionado con el peso final de corderos para el abasto (Hinojosa Cuellar et al., 2012).

Las razas paternas especializadas en producción de carne heredan alto potencial de crecimiento en los corderos. Por ejemplo, los corderos Dorper × Blackbelly, Dorper × Pelibuey y Katahdin × Pelibuey presentaron mayores pesos al destete que los genotipos P × B y Pelibuey puros (Ríos-Utrera et al., 2014).

Similarmente, el cruzamiento de la raza Katahdin con Charollais ha mejorado considerablemente las ganancias diarias de peso y con ello se han logrado mayores pesos al sacrificio (Vázquez Soria et al., 2011). Souza et al. (2016) señalan que los cruzamientos dirigidos a la obtención de corderos especializados en producción de carne permiten mejorar las tasas de crecimiento del cordero, proporcionan canales de mayor calidad y además los ciclos productivos son más cortos.

El crecimiento pre-destete también influye sobre el comportamiento productivo del cordero de engorda (Morris y Kenyon, 2014). Los corderos que expresan alto potencial de crecimiento durante las primeras etapas de vida, también tienden a tener mejores tasas de crecimiento en la engorda y a su vez permanecen menos tiempo en los corrales de engorda (Muñoz et al., 2015). En el pre-destete se han observado altas tasas de crecimiento en genotipos Pelibuey × Dorper, así como mayor consumo de alimento (Macías Cruz et al., 2010). Morris y Kenyon (2014) indicaron que al incrementarse las tasas de crecimiento durante la engorda, también se observa aumento en el peso y la calidad de la canal.

Por otra parte, el tiempo de engorda también se relaciona con algunas características de la canal (Souza et al., 2016). En un estudio realizado por Souza et al. (2016) reportaron que corderos con mayores pesos al inicio de la engorda, llegaron al sacrificio más pesados, se redujo el periodo de confinamiento y se obtuvieron mejores características de la canal respecto a animales de pesos livianos.

Finalmente, es importante mencionar que el sistema de producción interviene sobre el comportamiento productivo de los corderos de pelo. Hinojosa-Cuéllar et al. (2012) señalan que animales provenientes de sistemas intensivos logran mayores rendimientos de la canal comparado con animales de sistemas extensivos, los cuales apenas alcanzan el 43%. Quintanilla et al. (2018) mencionan que de manera general las cruas entre los genotipos Dorper, Pelibuey y Katahdin presentan excelentes parámetros productivos en engorda en confinamiento y sistemas de producción intensiva. Magaña et al. (2015) señalan que corderos del genotipo K × D, obtuvieron mayores ganancias de peso de finalización confinados en jaulas elevadas además de haber mostrado una reducción en el periodo de engorda.

### **2.3.2. Características de la canal**

Las características de la canal influyen en el precio de venta de la carne y en los canales de comercialización del ovino (Partida de la Peña et al., 2013). El peso de canal caliente y fría, su rendimiento, el área del ojo de la costilla y la deposición de grasa son características de la canal de mayor importancia económica. No obstante, las canales ovinas en México son muy variadas, lo cual hace necesario identificar los principales factores que hacen que la canal ovina sea heterogénea con respecto a la calidad y rendimientos.

El peso corporal al final de la engorda determina en mayor medida las características de la canal en el ovino (Souza et al., 2016). No obstante, el peso y el rendimiento de la canal en ovinos pueden variar de acuerdo al origen genético y al tipo de alimentación que recibieron al final de la engorda (Partida de la Peña et al., 2013). El peso corporal o peso vivo incluye el peso del contenido gastrointestinal, sin embargo, algunos autores consideran al peso vivo vacío como el elemento principal para determinar los requerimientos nutricionales y el rendimiento de la canal, así como el equivalente alrededor del 85% del peso corporal total (Chay Canul et al., 2016; Jiménez-Jiménez et al., 2019). Vega et al. (2022) señalan que el peso corporal vacío difiere alrededor de 2 a 5 kg menos del peso corporal total. Estos mismos autores, reportaron que el peso vivo vacío depende de dos factores principales: el estado fisiológico y el tipo de alimentación.

En un lote de canales es común observar que canales más pesadas pueden relacionarse a corderos que iniciaron el confinamiento o periodo de engorda con pesos más elevados (Souza et al., 2016). No obstante, el peso de la canal no necesariamente estará asociado a mayores rendimientos en la canal. El rendimiento de la canal de un animal sacrificado es el resultado del contenido gastrointestinal y el tipo de finalización (Estrada et al., 2012). Por lo general, animales provenientes de pastoreo presentan mayor contenido gastrointestinal debido a una expansión de órganos para almacenar mayor cantidad de alimento durante el pastoreo, por lo tanto, el rendimiento de la canal es menor con respecto animales confinados en corral (Estrada et al., 2012). Duarte-Vera et al. (2009) señalan que el desarrollo corporal en corderos de pelo está

altamente relacionado con el peso vivo y la capacidad de llenado del tracto gastrointestinal. El rendimiento de la canal puede variar de 45 a 52%, incluso estar entre 56 y 58% en razas de pelo de rápido crecimiento (Villalobos et al., 2006; Gómez-Gurrola et al., 2017).

Otro factor que puede influir en el rendimiento en la canal es la deposición de grasa en el tracto gastrointestinal. Ríos-Rincón et al. (2012) señalan que la deposición de grasa pélvico-renal aumenta con el consumo dietas altas en proteína. En tanto, Partida de la Peña y Martínez, (2010) indican que el almacenamiento lipídico y visceral es mayor en animales que consumen dietas altas en energía. Castellaro et al. (2015) coinciden en que la deposición de grasa es influenciada por el tipo de alimentación y el peso al sacrificio (Ríos-Rincón et al., 2012). Con respecto a la raza animal, Macías et al. (2010) observaron que el peso en la canal caliente y fría es mayor para el genotipo D × P que Pelibuey puro, sin embargo, el rendimiento de la canal fue más alto para el último genotipo. Otros autores señalan que el rendimiento de la canal es proporcional al peso al sacrificio, madurez fisiológica, sexo y edad de los corderos (Desdémona Martínez, 2020).

El área del ojo de la costilla o también llamado área del músculo *Longissimus dorsi* (LD) es una característica de gran relevancia ya que está relacionada con el resto del contenido cárnico de toda la canal, además de ser un área muscular donde se obtiene el corte “Ojo de costilla” o “Ribeye” de mayor valor económico en el sector cárnico (Partida de la Peña et al., 2013; Montero et al., 2014). Algunos autores señalan que el área LD está directamente relacionado con el peso y el genotipo, aunque la relación musculo-hueso responde a una condición de algunas mutaciones específicas de genes (Prache et al., 2021).

#### **2.4. Evaluación de características de la canal**

México no cuenta con sistema de clasificación de canales (Partida et al., 2017), la información disponible en la literatura sobre la caracterización de la canal ovina es el resultado de estudios desarrollados en diferentes regiones del país. Las

investigaciones realizadas en México sobre este tópico fueron dirigidos a evaluar la efectividad de diferentes cruzamientos para la producción de carne (Partida et al., 2009; Hernández-Cruz et al., 2009; Macías-Cruz et al., 2010; Ríos et al., 2011) la adaptación de razas ovinas a condiciones áridas (Urrutia et al., 2009) y tropicales del territorio nacional (González-Garduño et al., 2014), así como para la evaluación de diferentes dietas (Rincón et al., 2012; Macías-Cruz et al., 2014).

El objetivo principal de evaluar las características en la canal es obtener información sobre el contenido de grasa, músculo y estructura general de una canal. Algunas evaluaciones consideran peso de la canal caliente y fría, rendimiento, conformación, cobertura de grasa y medidas morfométricas (Desdémona, 2020). En algunos estudios la evaluación de secciones importantes como el área del ojo de la costilla se ha relacionado directamente con el contenido adiposo de la canal (Estrada et al., 2012). En la práctica se han desarrollado algunos métodos de evaluación como el uso de ultrasonografía y de medidas morfométricas lineales o circunferenciales del animal *in vivo*, estas también se han utilizado para predecir el peso vivo y composición de la canal (Desdémona et al., 2014; Chay et al., 2019).

Silva et al. (2020) sugieren evaluar las canales como un método de estandarización para la producción de carne de ovino antes, durante y después del sacrificio. Chay-Canul et al. (2019) señalan que la evaluación de la canal puede ofrecerle un valor agregado a la misma de acuerdo a sus cualidades e incidir en el mejoramiento de animales próximos al sacrificio. No obstante, la mayor parte de estrategias de evaluación de canal se realizan post-mortem. Por ello, estrategias como la ultrasonografía y el uso de datos productivos colectados previos al sacrificio de los animales para generar modelos de predicción de características de la canal podrían ser útiles para decidir si los animales tienen el mérito para ser sacrificados o requieren alguna intervención nutricional durante la etapa final de la engorda.

#### **2.4.1. Evaluación de peso y rendimiento de la canal**

Conocer las principales características de la canal de abasto ha tenido importantes repercusiones en el mercado, genera cambios en la producción animal, al mismo tiempo permite identificar la conformación de canales de distintos genotipos (Alcalde et al., 2005; Sañudo., 2008). Así, a través de la evaluación del peso y rendimiento de la canal ovina se genera información que mejora sustancialmente la participación de este sector en el mercado de carnes (Partida de la Peña et al., 2017). Regularmente, el peso de la canal caliente se registra una vez retirado vísceras y órganos después del sacrificio, el peso de la canal fría se obtiene 24 horas después del sacrificio, periodo en el que la canal permanece en refrigeración a 4°C en promedio, mientras el rendimiento de la canal es obtenido a través del porcentaje de la división del peso de la canal caliente sobre el peso vivo (Partida de la Peña et al., 2009; Torrescano Urrutia et al., 2009).

Los pesos de la canal son los principales elementos de evaluación en la canal, debido su estrecha relación con la calidad en toda la canal y rendimiento en cortes. Por otra parte, el rendimiento de la canal se encuentra estrechamente relacionado con la compacidad de la canal y longitud y circunferencia de la grupa y tórax (Desdémona, 2020). Estos parámetros han sido considerados como métodos directos de evaluación de la canal (Partida de la Peña et al., 2017).

En la actualidad, estudios señalan que la ultrasonografía ha sido una de las técnicas de mayor utilización para la evaluación de canales de los ovinos antes del sacrificio, particularmente por su naturaleza no invasiva ni destructiva (Chay Canul et al., 2019; Días et al., 2020). Sin embargo, se han realizado otras evaluaciones sobre los pesos de la canal ante y post mortem utilizando técnicas como los rayos x, y mediciones morfométricas (Juárez et al., 2018; Bautista-Díaz et al., 2020). No obstante, existe variación considerable en las propiedades de las canales, principalmente en pesos y morfologías, esta situación puede marcar un límite en el mercado de la carne ovina (Partida de la Peña et al., 2017).

#### **2.4.2. Evaluación de deposición de grasa interna**

En décadas anteriores las evaluaciones de grasa interna se realizaban a través del método de gravedad de la canal haciendo uso de modelos matemáticos (Bores-Quintero et al., 2002). Díaz-Chirón et al. (2001) señalan que la evaluación visual de la deposición de grasa ha sido la herramienta más práctica de utilizar. En congruencia, Desdémona-Martínez (2019) también señala que la evaluación visual de la grasa se puede interpretar en tres categorías, de acuerdo al engrasamiento en la canal: 1) poca cantidad; 2) cantidad normal y 3) mucha cantidad. Sin embargo, esta clasificación es subjetiva. Otros estudios señalan que a través de la evaluación por conformación de la canal es posible indicar el contenido de grasa en porcentaje o relación con el contenido de músculo (Prache et al., 2021). Actualmente existen otros métodos más eficientes para evaluar la deposición de grasa en la canal e incluso predecirla. Recientemente, Chay Canul et al. (2019) evaluaron el contenido de grasa dorsal, torácica y lumbar, por medio de ultrasonografía *in vivo*, estos autores señalan una fuerte interacción entre la deposición de grasa y el tejido muscular.

Adicionalmente, la evaluación de grasa también sirve como referente a los factores que determinan la canal, como el contenido dietético, peso al sacrificio, edad y raza del animal sacrificado (Bores-Quintero et al., 2002). Por otra parte, Partida de la Peña et al. (2009) señalan la importancia de la evaluación del contenido de grasa en la canal, debido al tipo de grasas, por ejemplo, la grasa visceral y su manejo y eliminación para mejorar la calidad de la canal. Al respecto, Desdémona (2020) señala que la variación observada en el color y contenido de la grasa durante la evaluación de canales responden a la diferenciación de fenotipos, así como a la alimentación y madurez fisiológica.

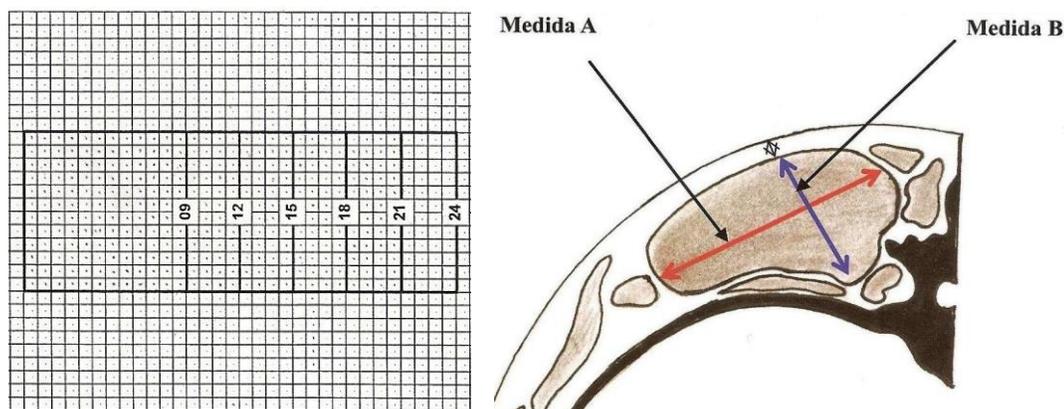
#### **2.4.3. Evaluación del área del ojo de la costilla**

El área del ojo de la costilla es una característica de la canal que hace referencia al área del músculo dorsal largo *Longissimus dorsi* expresada en  $cm^2$ , es de importancia económica en el sector productor de carne por la estrecha relación que

tiene con cortes de alto valor (McGregor., 2017; Rodríguez-González et al., 2018). La industria cárnica ovina busca aumentar esta característica debido a que a la par aumenta el mérito de la canal (Montero et al., 2014)

Las primeras evaluaciones del músculo correspondiente al área del ojo de la costilla fueron consideradas como métodos indirectos de evaluación de la canal, evaluando en conjunto el espesor de grasa dorsal y el área del músculo *Longissimus dorsi* (Vergara, 1996). Actualmente, la evaluación del área del ojo de la costilla se puede realizar pre y post mortem a través de interceptar el espacio intercostal entre la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla (Costa et al., 2012; Rodríguez-González et al., 2018).

Las metodologías de evaluación de características de la canal post mortem consideran evaluar el área de la sección transversal del músculo también conocida como área del ojo de la costilla o *Longissimus dorsi* (Torrescano Urrutia et al., 2009; Costa et al., 2012). Algunas de las metodologías más utilizadas para esta evaluación en ovinos fueron estimadas por Costa et al. (2012): 1) método geométrico, se traza dos líneas rectas (A y B) perpendiculares en los bordes más anchas del área muscular, posteriormente se estima la información a través una ecuación  $[A/2 \times B/2] \times \pi$ , donde  $\pi = 3.1416$  (Figura 1; B); 2) Grade, rejilla de plástico transparente cuadrículada a 10mm  $\times$  10 mm = 1cm<sup>2</sup> con un punto al centro, el cual se coloca en músculo de interés para posteriormente estimar el área a través de contar los puntos que permanecen dentro del perímetro del área a estimar y finalmente registrarse en cm<sup>2</sup>; 3) Grade UNESP, rejilla de plástico transparente cuadrículada con un punto al centro, cada cuadrícula representa 0.25 cm<sup>2</sup>, similar al Grade el área muscular resulta por la suma de todos los puntos dentro del perímetro del área a estimar (Figura 1; A) y 4) Software AutoCad, se genera una figura contorneando con puntos todo perímetro del área muscular, posteriormente la figura se registra en un papel para ser procesada posteriormente por el programa AutoCad determinando el área en cm<sup>2</sup>.



**Figura 1.** Métodos para estimar el area del músculo Longissimus dorsi (Costa et al., 2012); A) Método Grade-UNESP (cuadrícula de punto = 0.25 cm<sup>2</sup>) y B) Método Geométrico.

Por otro lado, paralelo al avance tecnológico en la producción animal, también se desarrollaron nuevos métodos de evaluación para los componentes de la canal de mayor valor económico, como el área del ojo de la costilla. Recientemente la ultrasonografía ante y post mortem ha sido referente de técnicas de evaluación no invasivas (Chay Canul et al., 2019). Esta apreciación también es considerada como un indicador del porcentaje de músculo, carne magra y rendimiento de cortes de mayor valor económico (Desdémona Martínez et al., 2014). La ultrasonografía ante mortem en tiempo real proporciona una medición a través de una imagen transversal visual del tejido muscular (McGregor., 2017; Chay Canul et al., 2018; Bautista et al., 2020) que se realiza sujetando el animal asegurando la postura de la columna y evitando el desplazamiento de la piel, la medición del músculo se realiza ubicando la sonda en el espacio intercostal ente la 12<sup>a</sup> y 13<sup>a</sup> costilla (Cesa et al., 2010). Algunos estudios evalúan el músculo en porcentaje respecto a la canal, obteniendo la longitud de este en determinadas regiones del lomo antes del sacrificio (Cheng et al., 2020; Días et al., 2020).

## 2.5. Predicción de características de la canal

La predicción de variables de la canal es una herramienta para la comprensión de características y calidad de la canal, así como para el mejoramiento en general de la producción animal (Hernández Zapata et al., 2019; Lage et al., 2020). En la industria cárnica es necesario contar con modelos precisos para predecir la producción real de carne, que proporcione una valoración precisa y exacta de la canal antes del sacrificio de los animales (Matthews et al., 2022). McPhee et al. (2020) señalan que la utilización de herramientas de medición *in vivo* para predecir las características de la canal contribuye a maximizar la producción animal. En este sentido, el peso al final de una engorda o al sacrificio ha sido altamente relacionado con características como el peso y rendimiento de la canal (Partida de la Peña y Martínez, 2010). Las estimaciones de características de la canal a través de ecuaciones de predicción pueden incluir una o más variables predictoras. No obstante, en diversos estudios también se ha observado que la combinación de técnicas o métodos que incluyen el peso final o peso al sacrificio como principal variable predictora, además de otras mediciones obtenidas directamente en el animal (Marshall et al., 2005).

El peso vivo, y en algunos casos, la condición corporal, se usan como los parámetros de mayor importancia en la evaluación del comportamiento productivo animal, en la estimación de la canal e incluso para estimar el porcentaje de hueso (Canaza et al., 2017; Chay-Canul et al., 2019; Bautista et al., 2020). Para ello, se han desarrollado algunos métodos directos como el pesaje antes del sacrificio y el despiece de la canal (Pabiou et al., 2011). Los métodos indirectos para estimar las características de la canal incluyen la ultrasonografía en determinadas regiones corporales, los rayos x y las imágenes digitales, aunque estos métodos indirectos impliquen estrés en el animal e incluso mayor tiempo y costos (Marshall et al., 2005; Juárez et al., 2018; Bautista et al., 2020). En este sentido, la predicción a través de análisis estadísticos de regresión ha resultado uno de los más precisos para la predicción de características de la canal en bovinos utilizando diferentes variables predictoras (Pabiou et al., 2011).

En pequeños rumiantes también se han desarrollado diversos métodos para la predicción de las características de la canal. Algunos estudios han predicho con alta precisión ( $R^2= 98 \%$ ) el peso vivo vacío utilizando como variable predictora el peso al sacrificio (Chay Canul et al., 2016; Meza-Villalvazo et al., 2019). Mientras otros estudios utilizan la combinación del peso al sacrificio y ultrasonografía para estimar el porcentaje del músculo *Longissimus dorsi*, observando altos coeficientes de determinación ( $R^2= 96 \%$ ) (Días et al., 2020). Por otra parte, Chay Canul et al. (2019) señalan que la ultrasonografía por si sola también puede utilizarse con precisión moderada ( $R^2= 66$  a  $91 \%$ ) para predecir el peso de la canal caliente y grasa de la canal, a partir de la correlación existente ( $r^2= 0.68$ ) entre el espesor de grasa dorsal y lumbar con las características de la canal. En contraste, Hernández Zapata et al. (2019) observaron correlaciones similares ( $r^2= 0.67$ ) entre espesor de grasa dorsal y lumbar con las características de la canal en cerdos, aunque la predicción de los modelos fue de baja a moderada.

### **2.5.1. Modelos de predicción con uso de nuevas tecnologías**

La predicción de parámetros a través de ecuaciones debe ser precisa y consistente en función a los rangos observados para cada raza o especie (Marshall et al., 2005). En la literatura, se reportan algunos modelos aplicados directa e indirectamente en el animal. Por ejemplo, el modelo Small Ruminant Nutrition System, (SRNS) utilizado para predecir la ganancia de peso, y el modelo para requerimientos de carbohidratos y proteínas en ovinos de lana (CNPS-S) que predice el crecimiento en corderos de pelo (Duarte-Vera et al., 2009). Mientras que para la predicción de peso corporal se han desarrollado otros modelos a través de regresión lineal utilización mediciones morfométricas directas en los animales, y otras tecnologías como la ultrasonografía, análisis de imágenes digitales y la tomografía computarizada (Marshall et al., 2005; Chay Canul et al., 2019; Bautista et al., 2020; Matthews et al., 2022).

La ultrasonografía, el análisis de imágenes digitales y la tomografía computarizada se han utilizado para predecir componentes de la canal como el peso,

la grasa corporal y dorsal, la profundidad, área y superficie del músculo *Longissimus dorsi* (Juárez et al., 2018; Chay-Canul et al., 2019; Bautista et al., 2020). Sin embargo, aunque algunas mediciones son relativamente prácticas e inofensivas para los animales, estos modelos no han mostrado suficiente precisión y exactitud. Juárez et al. (2018) evaluaron los pesos de la canal, rendimiento y área del ojo de la chuleta a partir de escaneos por rayos x, obteniendo correlaciones moderadas entre variables ( $r < 50\%$ ) y variaciones (CV) en los modelos mayores al 10%. Estos autores observaron que a partir del peso corporal, la circunferencia torácica y la longitud pélvica es posible estimar el peso de la canal fría ( $R^2= 61\%$ ) pero con variabilidad fuera de rango (RMSE= 2.61). De manera similar desarrollaron un modelo para predecir el área del músculo *Longissimus dorsi* a partir de la medición de profundidad del músculo y grasa, circunferencia torácica y longitud de la canal por rayos x con una precisión moderada ( $R^2=58\%$ ) y alta variabilidad del mismo (RMSE= 2.73).

Pereira de Castro et al. (2022) desarrollaron un modelo para predecir el área del músculo *Longissimus dorsi* en corderas Santa Inés. El modelo de predicción mediante regresión lineal consideró el peso corporal y la edad del animal como variables predictoras con precisión alta acorde al índice bayesiano. Este último modelo para predecir el área del músculo resultó mejor en comparación a otro modelo desarrollado donde se consideró la longitud del lomo como variable predictora. Otros estudios han utilizado la tomografía computarizada para la predicción del porcentaje de grasa en la carne en canales de bovinos, encontrado precisión y exactitud ( $R^2_{adj}= 99\%$ ) en sus modelos a partir de la observación del porcentaje de grasa corporal.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del estudio

Los animales de este estudio fueron evaluados en la Unidad de Producción Ovina y Taller de Carnes del Instituto de Ciencias Agrícolas de la Universidad Autónoma de Baja California (ICA-UABC), en el valle de Mexicali, B. C., al noroeste de la República Mexicana. Se ubica geográficamente entre las coordenadas 32° 24´ de latitud Norte y 115° 11´ de longitud Oeste, donde predomina un clima árido seco con temperaturas máximas en verano de 49.5°C y mínimas en invierno de 3°C (INEGI, 2017).

#### 3.2. Manejo y sacrificio de animales

Se utilizaron 258 corderos de pelo, del genotipo Dorper x Katahdin, los cuales recibieron manejo experimental similar en las pruebas de comportamiento de cada experimento, sacrificios y evaluaciones de la canal. Los procedimientos de manejo, movilización y sacrificio aplicados a los corderos utilizados en el estudio fueron las que se dictan en las Normas Oficiales Mexicanas: NOM-062-ZOO-1999 (Especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio), NOM-051-ZOO-1995 (Tratamiento humanitario en la movilización de animales) y NOM-033-ZOO-1995 (Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres). Todos los animales fueron desparasitados y vitaminados antes de iniciar a cada fase experimental. En las pruebas de comportamiento, los corderos se estabularon durante 32 días en corraletas individuales provistas de sombra, agua *ad libitum* y alimentados dos veces al día. La dieta se formuló de acuerdo a los requerimientos nutricionales del NRC (2007) para corderos de engorda en etapa de finalización (proteína cruda de 14% y energía metabolizable de 2.8 Mcal/kg de materia seca con una proporción 30:70 de forraje: grano. Al final de la prueba de comportamiento, los corderos fueron sometidos a un ayuno de 12 horas para ser sacrificados por el método de degüelle en el Laboratorio de Carne del ICA-UABC. Los cuerpos se evisceraron para almacenar las canales en el cuarto frío a 4°C durante 24 horas para continuar con su evaluación.

### 3.3. Colección de datos

Las variables de comportamiento productivo fueron obtenidas durante la prueba de 32 días. La cantidad de alimento ofrecido y rechazado se registró diariamente para calcular el consumo de materia seca (CMS), de la misma manera, se registró el peso vivo inicial y final (PF) para calcular la ganancia diaria de peso (GDP) y ganancia total. La eficiencia alimenticia se obtuvo por dividir la GDP entre el CMS. El peso de la canal caliente (PCC) se registró inmediatamente después del eviscerado, el peso de la canal fría (PCF) se registró a las 24 h de haber sido almacenadas en el cuarto frío. Se realizó un corte entre la 12ª y 13ª costilla para medir el área del músculo *Longissimus dorsi* (LD) a través de dibujar en un acetato dicho músculo y su área se determinó con el equipo de área foliar de bancada (Marca LI-COR, Modelo LI-3100C). Los datos fueron agrupados en una base de datos del programa Microsoft EXCEL para posteriormente realizar las pruebas estadísticas correspondientes.

### 3.4. Análisis estadístico

Los datos se analizaron mediante la aplicación de diferentes procedimientos del programa estadístico SAS 9.4 (SAS 2013). Se obtuvieron estadísticos descriptivos a través del procedimiento PROC MEANS, tales como medias, desviación estándar y coeficiente de variación (CV) para todas las variables. Con el procedimiento PROC CORR se realizó un análisis de correlación de Pearson entre variables de comportamiento productivo y características de la canal. A través del procedimiento PROC REG se obtuvieron los modelos de regresión para cada ecuación y análisis de residuales correspondientes. La selección de variables en los modelos se realizó con la instrucción de SELECCIÓN mediante la opción STEPWISE, procedimiento que generó varios modelos de regresión lineal, con base en las pruebas de diagnóstico realizadas a cada uno solo se eligieron los mejores modelos. Los indicadores considerados para la mejor ecuación fueron el coeficiente de determinación ( $R^2$ ), error cuadrático medio (RMSE), Durbin Watson (DW), índice Akaike e índice bayesiano (AIC y BIC) (Myers, 1990). Finalmente, se tomó el 70% de los datos para la validación de los modelos seleccionados, a través del factor de coincidencia (Ochoa, 2019).

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Estadísticos descriptivos

En el cuadro 1 se presentan los estadísticos descriptivos de las variables de estudio de comportamiento productivo y características de la canal. Los promedios  $\pm$  desviaciones estándar de los pesos vivos iniciales, finales y vacíos fueron de  $29.96 \pm 5.74$ ,  $36.83 \pm 6.45$  y  $30.72 \pm 6.13$  kg, respectivamente. Estas variables tuvieron coeficientes de variación (CV) entre 17.51 y 19.95 %. En general, los corderos mostraron una ganancia de peso total durante los días de prueba de  $6.86 \pm 2.02$ , lo cual se reflejó en una GDP de  $0.22 \pm 0.06$  kg/d. El CMS y eficiencia alimenticia promediaron  $1.35 \pm 0.28$  y  $0.16 \pm 0.07$  kg, respectivamente. Los CV en estas variables superaron el 20 %. Por otra parte, las canales tuvieron un peso promedio en caliente y frío de  $18.30 \pm 3.40$  y  $17.87 \pm 3.42$  kg, respectivamente, mientras que el área del LD promedió  $14.34 \pm 3.35$  cm<sup>2</sup>. Los CV en estas características de la canal se ubicaron alrededor del 20 %.

**Cuadro 1.** Estadísticos descriptivos de las variables de desempeño en corral y características de la canal en corderos de pelo finalizados en corral.

Variables	n	Media	D.E.	Mínimo	Máximo	CV, %
<b>Comportamiento productivo</b>						
Peso inicial, kg	258	29.96	5.74	17.95	49.06	19.15
Peso final, kg	258	36.83	6.45	23.52	58.66	17.51
Ganancia de peso total, kg	258	6.86	2.02	1.15	12.48	29.44
Ganancia diaria de peso, kg	258	0.22	0.06	0.10	0.42	27.27
Consumo de materia seca, kg	258	1.35	0.28	0.75	2.25	20.74
Eficiencia alimenticia, kg	258	0.16	0.07	0.06	0.76	37.50
<b>Características de la canal</b>						
Peso vivo vacío, kg	80	30.72	6.13	20.10	47.85	19.95
Peso de canal caliente, kg	258	18.30	3.40	11.40	31.40	18.57
Peso de canal fría, kg	258	17.87	3.42	11.20	31.00	19.13
Área de <i>Longissimus dorsi</i> , cm <sup>2</sup>	258	14.34	3.35	7.68	27.46	23.35

D.E= Desviación estándar, CV= Coeficiente de variación

## 4.2. Correlaciones de Pearson

En el cuadro 2 se presentan los resultados de correlaciones de Pearson entre variables de comportamiento productivo y de características de la canal. Tanto el peso inicial y final se correlacionaron estrechamente ( $P < 0.0001$ ;  $0.92 \leq r \leq 0.99$ ) con el PVV, PCC y PCF, mientras que con el área del LD dichas correlaciones ( $P < 0.0001$ ) fueron moderadas ( $r = 0.34$  [PI] y  $r = 0.37$  [PF]) con tendencia a bajas con el PI. Por su parte, la ganancia de peso total, GDP y CMS se correlacionaron moderadamente ( $P < 0.0001$ ;  $0.45 \leq r \leq 0.64$ ) con el PVV, PCC y PCF, pero no con el área del LD ( $P > 0.05$ ). En general, la eficiencia alimenticia no se relacionó ( $P > 0.05$ ) con las características de la canal medidas.

**Cuadro 2.** Coeficientes de correlaciones de Pearson de las variables de comportamiento en corral con las características de la canal en corderos de pelo finalizados en corral.

	PVV	PCC	PCF	Área de LD
Peso inicial	0.92**	0.92**	0.92**	0.34**
Peso final	0.99*	0.96**	0.96**	0.37**
Ganancia de peso total	0.59**	0.45**	0.45**	0.18 <sup>ns</sup>
Ganancia de peso diaria	0.59**	0.55**	0.55**	0.20 <sup>ns</sup>
Consumo de materia seca	0.60**	0.64**	0.62**	-0.05 <sup>ns</sup>
Eficiencia alimenticia	0.30 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.10 <sup>ns</sup>	0.22 <sup>ns</sup>

PVV= Peso vivo vacío, PCC=Peso de la canal caliente, PCF=Peso de la canal fría, LD= *Longissimus dorsi*. \*\* $P < 0.001$ , y <sup>ns</sup>  $P > 0.05$ .

## 4.3. Ecuaciones de predicción

Los cuadros 3, 4 y 5 muestran los modelos desarrollados para predecir las principales características de la canal. Los modelos generales incluyeron como predictoras a todas las variables de comportamiento productivo que se correlacionaron ( $P \leq 0.05$ ) con las características de la canal, observándose que estos explicaron ( $P < 0.0001$ ) más del 91 % de la variación observada en el PVV, PCC y PCF; sin embargo,

para el área del LD solamente explicaron ( $P < 0.0001$ ) alrededor del 30 % de su variación.

Los modelos obtenidos después de aplicar el método de selección de las variables independientes “stepwise” mostraron que el PF explica la mayor variación ( $P < 0.0001$ ) observada en el PVV ( $R^2 = 0.98$ ), PCC ( $R^2 = 0.92$ ) y PCF ( $R^2 = 0.91$ ). En el caso del área del LD, el PF en combinación con el CMS fueron las variables independientes que mejor explicaron ( $P < 0.0001$ ;  $R^2 = 0.50$ ) la variación observada en esta variable dependiente. En general, se desarrollaron cuatro modelos por variable dependiente, y los modelos de PVV mostraron que los valores de sus indicadores tuvieron baja variación entre ellos ( $R^2_{adj} = 97.99$  a  $98.44$  %,  $RMSE = 0.79$  a  $0.85$  kg,  $CV = 2.55$  a  $2.77$  %,  $PRESS = 45.46$  a  $59.65$ ,  $DW = 1.24$  a  $1.40$ ,  $AIC = -23.14$  a  $-34.10$  y  $BIC = -21.04$  a  $-31.69$ ); situación similar se observó para PCC ( $R^2_{adj} = 91.76$  a  $92.10$  %,  $RMSE = 0.95$  a  $0.97$  kg,  $CV = 5.26$  a  $5.34$  %,  $PRESS = 239.85$  a  $249.94$ ,  $DW = 1.75$  a  $1.86$ ,  $AIC = -12.95$  a  $-17.86$  y  $BIC = -10.91$  a  $-13.80$ ) y PCF ( $R^2_{adj} = 91.27$  a  $91.48$  %,  $RMSE = 0.99$  a  $1.01$  kg,  $CV = 5.59$  a  $5.65$  %,  $PRESS = 262.68$  a  $269.78$ ,  $DW = 1.71$  a  $1.77$ ,  $AIC = 4.74$  a  $8.82$  y  $BIC = 6.93$  a  $-10.89$ ). Dado que no se observó una mejora sustancial en los indicadores al ir agregando variable independiente al modelo, además de que los valores de  $RMSE$  ( $\leq 1.0$ ) y  $DW$  ( $1.0$  a  $2.0$ ) se encuentra en un rango normal para todos los modelos, se tomó como principal criterio de selección del mejor modelo en cada variable dependiente su simplicidad (menor número de variables independientes) y en segundo lugar los valores más bajos de  $AIC$  y  $BIC$ . En este sentido, los modelos seleccionados como los mejores para PVV ( $R^2_{adj} = 98$  %,  $PRESS = 59.65$ ,  $AIC = -23.14$  y  $BIC = -21.04$ ), PCC ( $R^2_{adj} = 92$  %,  $PRESS = 239.85$ ,  $AIC = -12.95$  y  $BIC = -10.91$ ) y PCF ( $R^2_{adj} = 91$  %,  $PRESS = 266.21$ ,  $AIC = 7.21$  y  $BIC = 9.24$ ) consideraron al PF únicamente como variable predictora.

En el caso particular de los modelos desarrollados para el área del LD, se observa que la inclusión de variables independientes al modelo aumenta la  $R^2_{adj}$  ( $29.63$  a  $50.04$  %) y aumenta los valores de los indicadores asociados con los errores ( $RMSE = 2.15$  a  $2.85$  kg,  $DW = 1.36$  a  $1.49$  y  $PRESS = 866.35$  a  $2142.77$ ), así como de los  $AIC$  ( $286.70$  a  $547.53$ ) y  $BIC$  ( $288.80$  a  $549.81$ ). Por consiguiente, el mejor modelo para el

área del LD incluye tanto a PF y CMS, aunque dicho modelo presenta una variabilidad ligeramente alta ( $RMSE \geq 1.0$ ) pudiendo afectar la capacidad de predicción de la variable dependiente en cuestión. Importante señalar que ninguno de los modelos no presenta problemas de multicolinealidad, ya que los valores de TOL y VIF de las variables independientes se ubican en un rango normal (TOL= 0.4 a 1.0 y VIF < 10).

**Cuadro 3.** Ecuaciones seleccionadas de regresión lineal para predecir peso vivo vacío en corderos de pelo finalizados en corral.

<b>Ecuaciones</b>	<b>N</b>	<b>R<sup>2</sup></b> <b>(%)</b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b> <b>(%)</b>	<b>RMSE</b>	<b>DW</b>	<b>CV</b> <b>(%)</b>	<b>PRESS</b>	<b>Valor</b> <b>de P</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
<b>Peso vivo vacío</b>										
1. $PVV = -1.49 + 0.03PI + 0.76PF - 1.96GPT + 66.58GDP - 0.44CMS$	80	98.37	98.26	0.79	1.40	2.57	46.25	<.0001	-31.00	-28.04
2. $PVV = -1.74 + 0.79 PF - 1.92 GPT + 64.16 GDP$	80	98.35	98.29	0.78	1.38	2.55	45.46	<.0001	-34.10	-31.69
3. $PVV = -2.18 + 0.82 PF + 3.75 GDP$	80	98.48	98.44	0.84	1.39	2.70	56.96	<.0001	-28.83	-26.60
4. $PVV = -1.50 + 0.82 PF$	80	98.01	97.99	0.85	1.24	2.77	59.65	<.0001	-23.14	-21.04

1- 3= Ecuaciones generales, 4= Ecuación seleccionada ajustada a través del procedimiento paso a paso (stepwise), PVV= Peso vivo vacío, PI= Peso inicial, PF= Peso final, GPT= Ganancia de peso total, GDP= Ganancia diaria de peso, CMS= Consumo de materia seca, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación R<sup>2</sup><sub>adj</sub>=Coeficiente de determinación ajustado, RMSE= Raíz cuadrada del error, DW= Estadístico Durbin Watson, CV= Coeficiente de Variación, PRESS= Suma de cuadrados del error de predicción, AIC=índice Akaike, BIC=Índice bayesiano

**Cuadro 4.** Ecuaciones seleccionadas de regresión lineal para predecir pesos de la canal caliente y fría en corderos de pelo finalizados en corral.

Ecuaciones	n	R <sup>2</sup> (%)	R <sup>2</sup> <sub>adj</sub> (%)	RMSE	DW	CV (%)	PRESS	Valor de P	AIC	BIC
<b>Peso de la canal caliente</b>										
1. PCC=-1.07 + 18.79PI- 17.54PF + 19.17GPT – 13.94GDP + 0.42CMS	258	92.25	92.10	0.95	1.86	5.26	243.77	<.0001	-13.20	-10.92
2. PCC=-0.99 + 0.51 PF + 0.37 GPT – 13.23 GDP	258	92.08	91.98	0.96	1.82	5.27	243.74	<.0001	-14.55	-12.43
3. PCC= -0.30 + 0.49 PF – 0.03 GPT	258	91.82	91.76	0.97	1.78	5.34	249.94	<.0001	-17.86	-13.80
4. PCC= -0.41 + 0.50 PF	252	91.93	91.90	0.97	1.75	5.28	239.85	<.0001	-12.95	-10.91
<b>Peso de la canal fría</b>										
1. PCF= -1.41 + 21.29PI + 19.93PF + 21.67 GPT – 13.22 GDP + 0.06CMS	258	91.65	91.48	0.99	1.77	5.59	262.68	<.0001	5.59	7.87
2. PCF= -0.81 – 0.49 PF – 1.38 GDP - 0.07 CMS	258	91.39	91.28	1.01	1.72	5.65	269.78	<.0001	4.74	6.93
3. PCF= -0.78 + 0.49 PF – 0.02 GPT	258	91.34	91.27	1.01	1.71	5.65	267.47	<.0001	8.82	10.89
4. PCF= -0.81 + 0.48 PF	258	91.33	91.29	1.01	1.71	5.65	266.21	<.0001	7.21	9.24

1-4= Ecuaciones generales y seleccionadas ajustadas a través del procedimiento paso a paso (stepwise), PCC= Peso de la canal caliente, PCF= Peso de la canal fría, PI= Peso inicial, PF= Peso final, GPT= Ganancia de peso total, GDP= Ganancia diaria de peso, CMS= Consumo de materia seca, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación R<sup>2</sup><sub>adj</sub>=Coeficiente de determinación ajustado, RMSE=Raíz cuadrada del error, DW=Estadístico Durbin Watson, CV= Coeficiente de Variación, PRESS= Suma de cuadrados del error de predicción, AIC=índice Akaike, BIC=Índice bayesiano.

**Cuadro 5.** Ecuaciones seleccionadas de regresión lineal para predecir área del músculo Longissimus dorsi en corderos de pelo finalizados en corral.

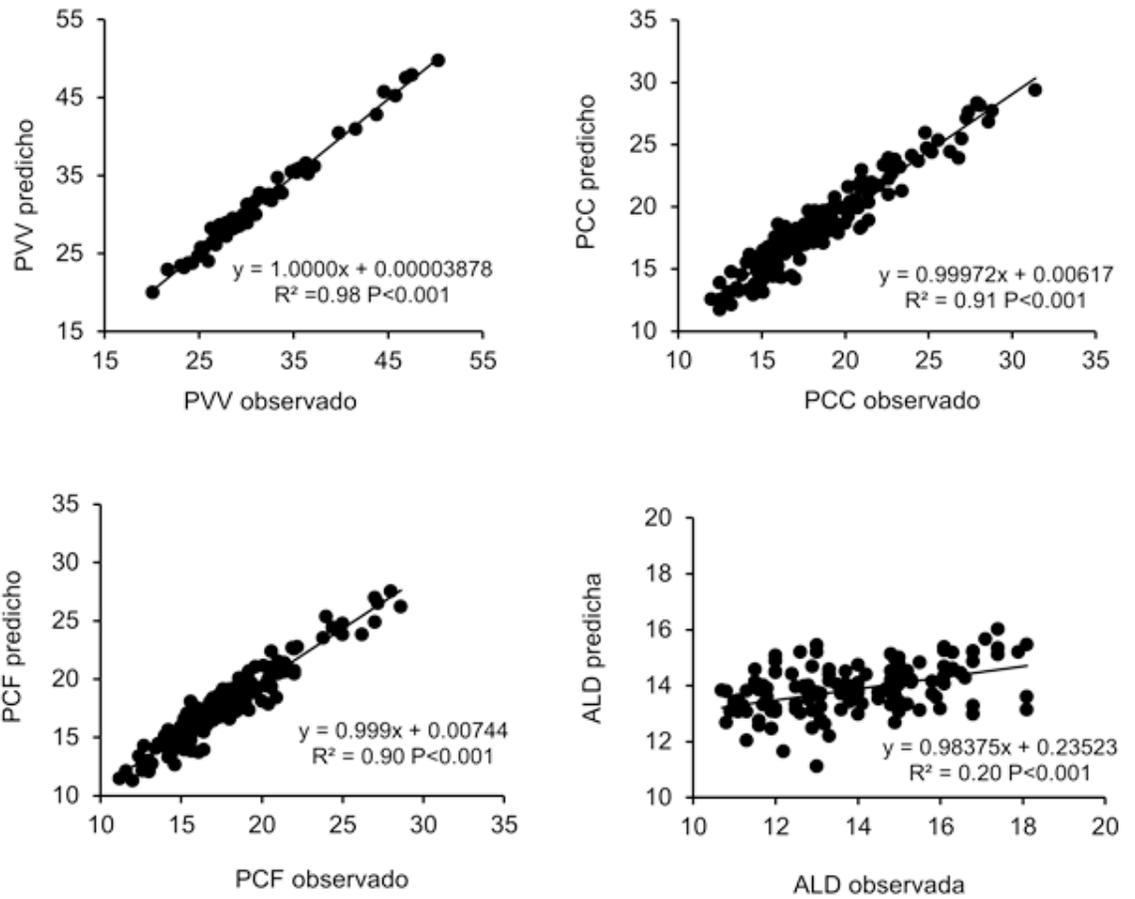
<b>Ecuaciones por variable</b>	<b>n</b>	<b>R<sup>2</sup></b>	<b>R<sup>2</sup><sub>adj</sub></b>	<b>RMSE</b>	<b>DW</b>	<b>CV</b>	<b>PRESS</b>	<b>Valor de P</b>	<b>AIC</b>	<b>BIC</b>
		<b>(%)</b>	<b>(%)</b>			<b>(%)</b>				
<b>Área de Longissimus dorsi</b>										
1. ALD= 8.63 + 43.49PI – 41.42 PF + 44.01 GPT + 10.53GDP – 6.19CMS	258	29.63	28.23	2.84	1.36	19.83	2142.77	<.0001	547.53	549.81
2. ALD= 11.40 + 0.21 PF + 0.68 GPT – 16.63 GDP – 5.02 CMS	258	27.86	26.54	2.85	1.37	19.88	2135.75	<.0001	544.84	546.97
3. ALD= 12.40 + 0.19 PF + 0.18 GPT – 5.16 CMS	185	25.16	23.92	1.87	1.43	13.70	797.95	<.0001	296.22	298.40
4. ALD= 6.70 + 0.50 PF – 8.52 CMS	185	50.04	49.49	2.15	1.49	15.26	866.35	<.0001	286.70	288.80

1- 4= Ecuaciones generales y seleccionadas ajustadas a través del procedimiento paso a paso (stepwise), ALD= Área de *Longissimus dorsi*, PI= Peso inicial, PF= Peso final, GPT= Ganancia de peso total, GDP= Ganancia diaria de peso, CMS= Consumo de materia seca, R<sup>2</sup>=Coeficiente de determinación R<sup>2</sup><sub>adj</sub>=Coeficiente de determinación ajustado, RMSE=Raíz cuadrada del error, DW=Estadístico Durbin Watson, CV= Coeficiente de Variación, PRESS= Suma de cuadrados del error de predicción, AIC=índice Akaike, BIC=Índice bayesiano

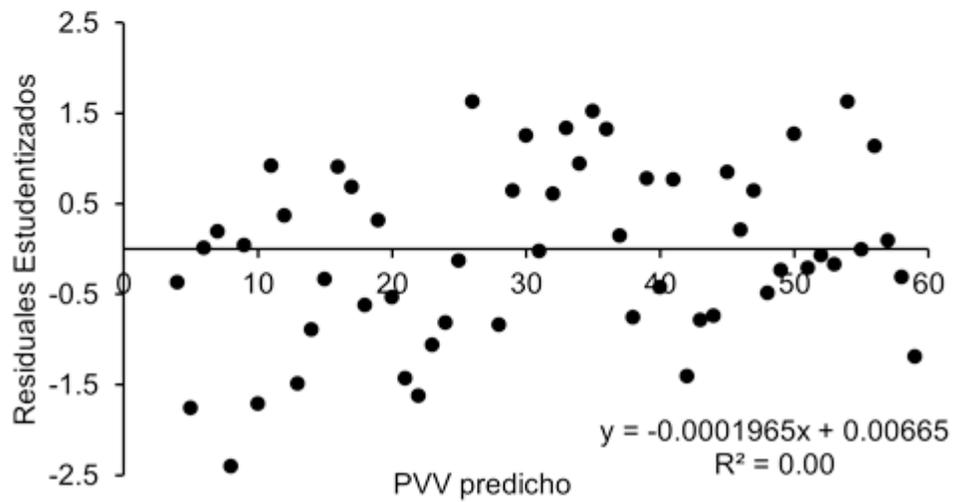
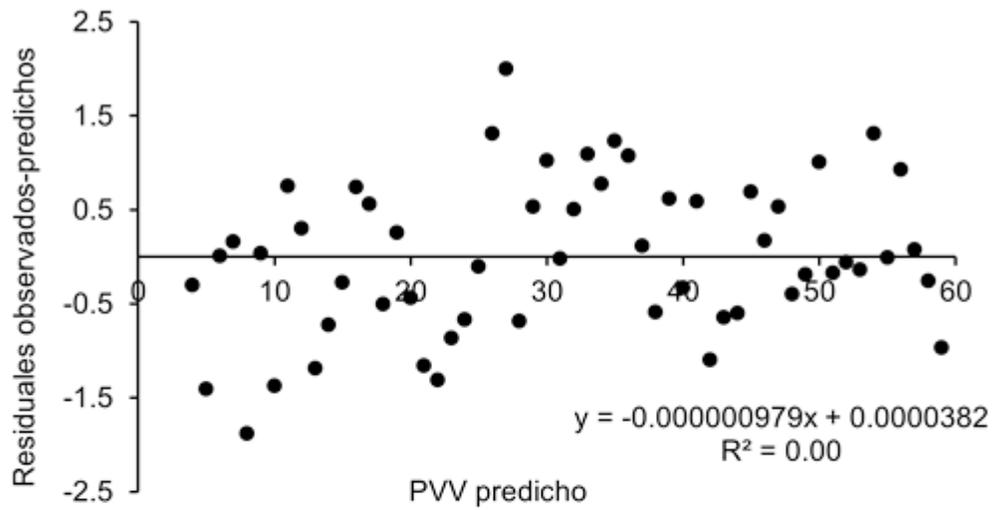
#### 4.4. Validación de las ecuaciones

El 70 % de los datos se usaron para validar las ecuaciones de predicción desarrolladas para PVV, PCC, PCF y área del LD, usando la técnica de validación cruzada. Los valores predichos de PVV, PCC y PCF obtenidos con las ecuaciones presentan una alta coincidencia ( $P < 0.001$ ;  $R^2 \geq 90 \%$ ) con los valores observados y la validación, distribuyéndose homogéneamente a través de la recta y confirmando el cumplimiento del supuesto de linealidad (Figura 2). Por su parte, los valores predichos y observados del área del LD presentaron solamente 20 % coincidencia ( $P < 0.001$ ), observándose un mayor rango de dispersión alrededor de la recta.

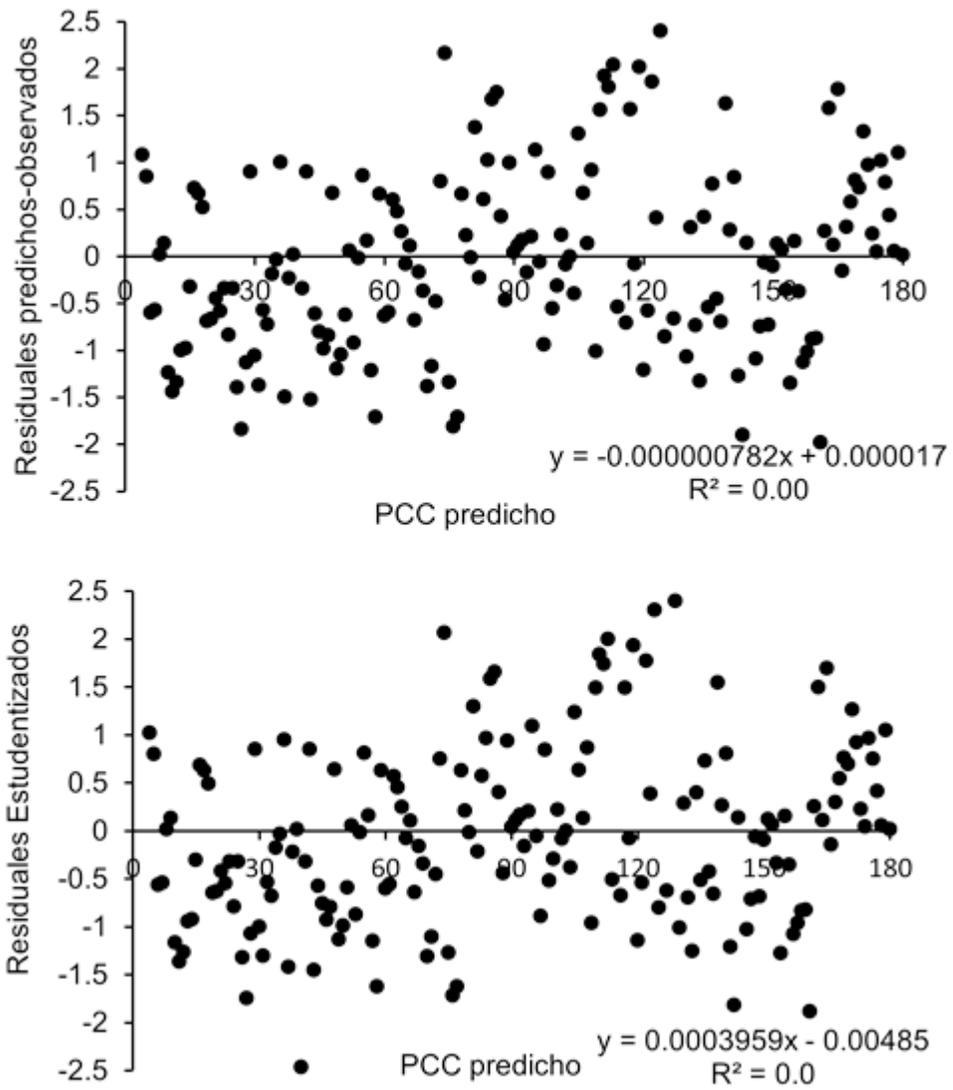
Los análisis de residuales entre predichos-observados mostraron que los errores se distribuyen alrededor de cero, usando cualquiera de las cuatro ecuaciones lo cual asegura la distribución normal de los errores (Figura 3, 4, 5 y 6). En el caso del análisis de residuales estudentizados se observa que también se distribuyen alrededor de cero usando las ecuaciones desarrolladas para PVV, PCC, PCF. El rango de distribución de estos residuales es normal (-2.5 a 2.5) cuando se aplican las ecuaciones de predicción de PVV, PCC y PCF, no siendo este el caso con la ecuación de área del LD donde hay varios residuales por arriba y por debajo del rango esperado. Esto último evidencia que dicha ecuación puede subestimar o sobreestimar el área del LD por lo que su precisión y exactitud de predicción es baja en general. Contrario a esto, las ecuaciones desarrolladas para las otras variables de canal confirman que tiene alta precisión y exactitud para predecir PVV, PCC y PCF.



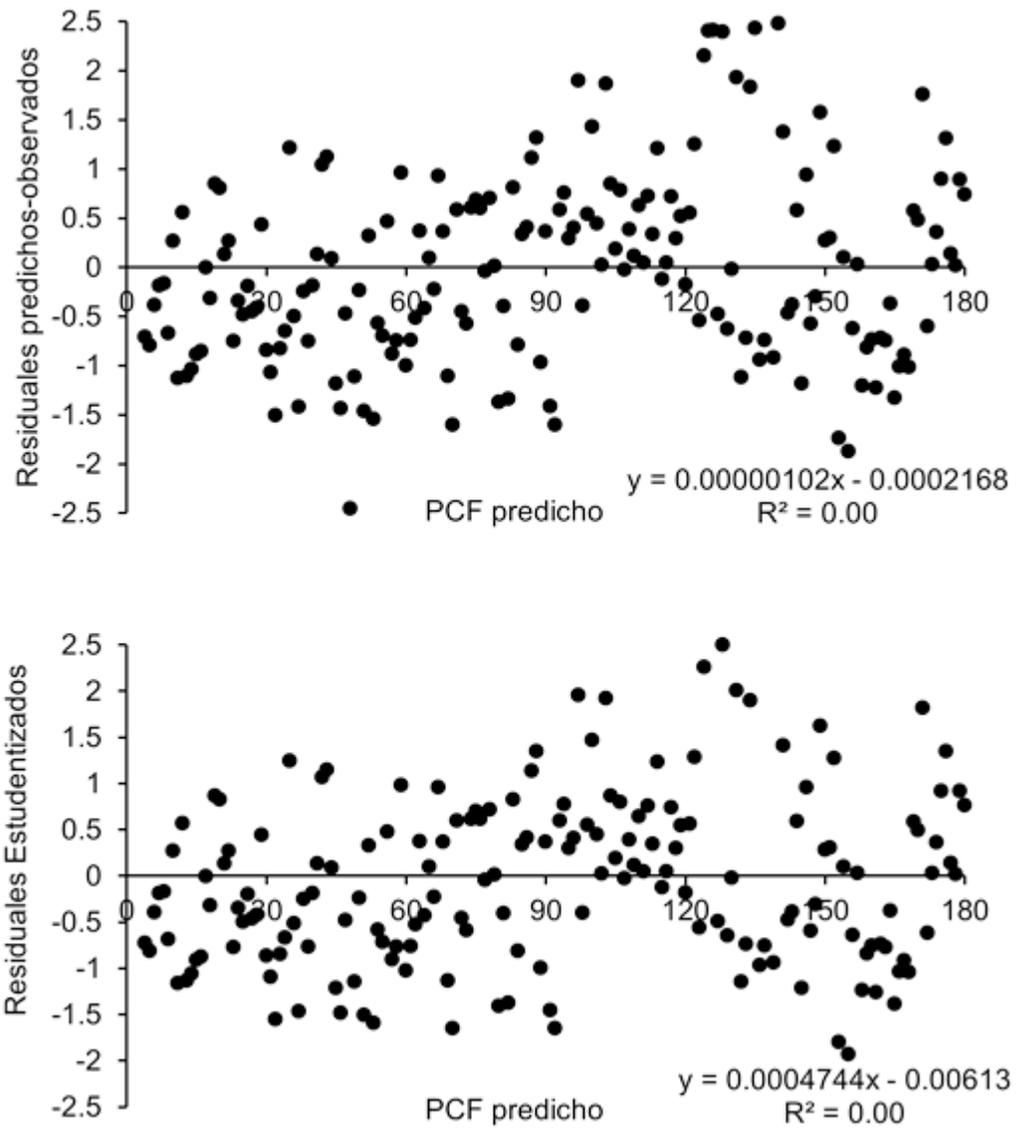
**Figura 2.** Relación entre valores predichos y observados para las variables peso vivo vacío y características de la canal usando el modelo final seleccionado.



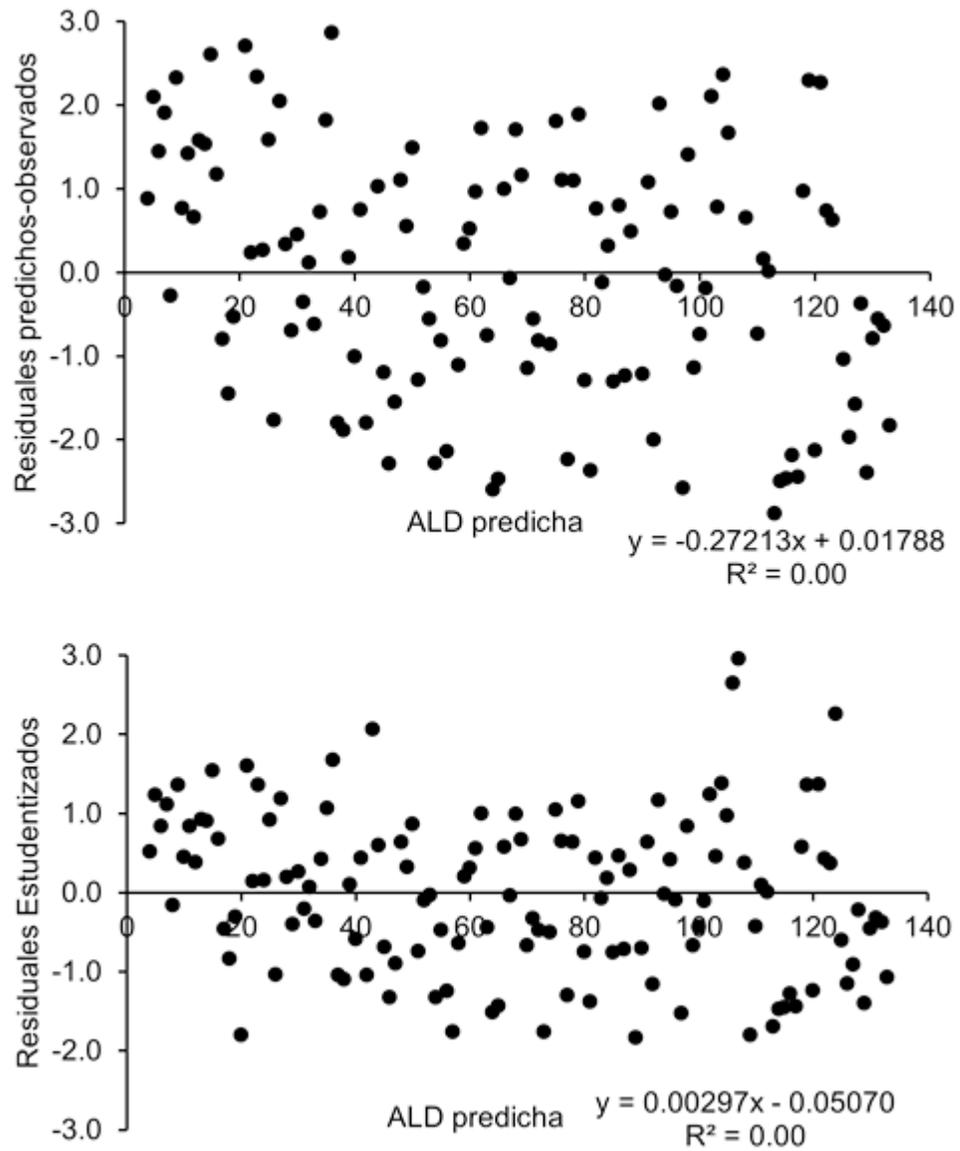
**Figura 3.** Relación entre el peso vivo vacío (PVV) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado.



**Figura 4.** Relación entre el peso de canal caliente (PCC) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado.



**Figura 5.** Relación entre el peso de canal fría (PCF) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado.



**Figura 6.** Relación entre el área del músculo *Longissimus dorsi* (ALD) predicho y los residuales (residual y residuales estudentizados) usando el modelo final seleccionado.

## V. DISCUSIÓN

### 5.1. Estadísticos descriptivos

El principal objetivo de producción en la industria ovina de México es la producción de carne, siendo los corderos y corderas de las cruzas de Dorper los animales preferidos por el mercado, particularmente si son engordados en la etapa de finalización bajo un sistema intensivo con dietas integrales altas en grano (Partida de la Peña et al., 2017). En este estudio, los corderos empleados presentaron un peso vivo inicial y final de 30.0 y 36.8 kg, respectivamente, con GDP de 220 g/d, CMS de 1.3 kg/d y eficiencia alimenticia de 160 g por kilogramo de alimento. El crecimiento observado en estos corderos de cruce Dorper estuvo ligeramente por debajo del esperado para la etapa de finalización, de acuerdo a lo señalado en la literatura y la formulación de la dieta (NRC, 2007). La etapa de finalización en ovinos de dicho genotipo generalmente comprende entre los 30 y 40 kg, pudiendo tener una duración promedio de 40 días si la dieta es formulada para potencializar la GDP promedio a 250 g/d con un CMS de 1.2 kg/d en condiciones estabuladas (NRC, 2007; Muñoz-Osorio et al., 2015; Partida de la Peña et al.; 2017). Considerando que los animales usados en el actual trabajo representan una base de datos de una serie de experimentos conducidos en diferentes épocas del año, es posible que las diferencias observadas con los parámetros de crecimiento esperado se deban a variaciones en las condiciones climáticas, dado que el manejo y la formulación de las dietas fueron similares.

Por otra parte, el PVV representa una mejor medida del grado de la deposición de tejido muscular y grasa en la canal, y por consecuencia, la pertinencia de la cantidad de nutrientes provistos en la dieta (Chay Canul et al., 2016). Los corderos del estudio mostraron una media para esta característica de sacrificio de 30.7 kg, lo que sugiere que alrededor de 6 kg de la composición del PF está dado por el contenido del tracto gastrointestinal. Aunque, como es de esperarse, la variabilidad para PVV está acorde con la observada con el PF, siendo en ambos menor a 20 %. Este PVV promedio observado en el presente estudio es similar con lo publicado en otros estudios donde sacrificaron corderos cruzados de Dorper a un

peso entre 37 y 38 kg después de haber sido finalizados en corral (Estrada et al., 2012; Valadez-García et al., 2021). En corderos Pelibuey puros engordados con dieta integral, de la misma manera se observó un PVV alrededor de 6.0 kg más bajo respecto al peso vivo al sacrificio de 38 kg (Jiménez et al., 2019).

Las canales de los corderos usados pesaron en promedio 18.3 y 17.9 kg en caliente y frío, respectivamente. Estos pesos se encuentran por debajo de la media esperada para corderos finalizados en corral en el país ( $22.8 \pm 3.3$  kg), aunque considerando el rango para PCF (13 a 33 kg) se puede considerar que se encuentran dentro del mismo (Partida de la Peña et al., 2017). En similar situación se observa el área promedio del LD (14.3 vs. 15.6 cm<sup>2</sup>) obtenida en este estudio con respecto a la media nacional que se considera para dicha característica (Partida de la Peña et al., 2017). Sin embargo, se debe tener en cuenta que esos parámetros de la canal a nivel nacional consideran tanto razas de pelo y lana, y como es ampliamente conocido, los corderos de razas de lana generalmente se sacrifican a pesos superiores a los 40 kg debido a que presentan pesos maduros más elevados que las razas de pelo, particularmente si se comparan con la raza Dorper (Cloete et al., 2007; López-Velázquez et al., 2016). Cabe mencionar que las medias encontradas en esta investigación para PCC, PCF y área del LD son semejantes a las reportadas por estudios previos realizados en el país usando específicamente corderos de pelo de la cruce Dorper finalizados en corral a pesos entre 36 y 40 kg (Vargas et al., 2007; Macías-Cruz et al., 2010; Magaña-Monforte et al., 2015; Vicente Pérez et al., 2020). Por lo tanto, se podría considerar que los corderos de cruce Dorper del actual estudio presentaron un comportamiento productivo y características de la canal de acuerdo a lo esperado para el genotipo, sexo, peso vivo de sacrificio y sistema de producción.

## **5.2. Correlaciones de Pearson**

El peso inicial y final que mostraron los corderos en el periodo de finalización de la engorda se relacionó estrechamente ( $r > 90$  %) con el PVV, PCC y PCF, pero relativamente bajo con el área del LD. Esto coincide con lo observado en otros

estudios donde el peso vivo de los ovinos, especialmente el de sacrificio, se asoció altamente con el PCC ( $r^2 > 0.90$ ; González-Garduño et al., 2014; McGregor, 2017). En bovinos de carne, Reinhard et al. (2012) también encontró una buena relación entre el peso inicial de engorda y el peso de la canal, aunque esta relación fue más estrecha con el peso final. Con respecto a la baja relación que presenta el peso vivo con el área del LD, otros estudios reportaron correlaciones de bajas a moderadas ( $r^2 = 0.32$  a  $0.41$ ) en ovinos del genotipo de pelo y lana (Castellaro et al., 2015; Robles et al., 2022), coincidiendo con lo observado en el presente estudio. Cabe mencionar que la estrecha relación del peso vivo lleno de los corderos con el PVV y el peso de la canal se debe a que al menos la mitad de la composición del peso vivo lleno está dado por la composición tisular de la canal (hueso, grasa y músculo; Canaza et al., 2017; Chay-Canul et al., 2017 y 2019). Así, González et al. (2014) señalan que la relación con mayor importancia en la producción de corderos para abasto está dada por el peso de los corderos al llegar al sacrificio y el peso de la canal. De ahí que, a nivel comercial, se demanda corderos pesados al sacrificio para garantizar que exista un mayor valor a los parámetros de la canal (Partida de la Peña y Martínez., 2010; Ríos-Rincón et al., 2012).

Cabe resaltar que mientras la relación de características de la canal con el peso vivo final se ha estado documentando en corderos de raza de pelo y lana, esto no ha sido el caso con otras variables de comportamiento productivo, tales como ganancia de peso, consumo de alimento o eficiencia alimenticia. En este sentido, en el presente estudio se observó una relación positiva de la tasa de crecimiento y el CMS con el PVV y el peso de las canales, aunque esta es menos fuerte que la observada con el peso inicial o PF. Sin embargo, ninguna de estas dos variables de comportamiento productivo se correlacionó con el área del LD. Estos resultados no coinciden con lo publicado recientemente en corderos castrados de razas lanares por Ellison et al. (2022), quienes no encontraron una asociación de ganancia de peso y CMS con el PCC mientras que el CMS tendió a relacionarse positivamente con el área del LD. La discrepancia entre resultados puede deberse a las diferencias de sexo, genotipo y de dieta entre estudios. Por otra parte, en ganado bovino se han observado correlaciones moderadas ( $r=0.36$  a  $0.56$ ) de la GDP con el peso de

la canal y el área del LD, asimismo de bajas a moderadas ( $r= 0.24$  a  $0.61$ ) con el CMS (Lancaster et al., 2009; Reinhard et al., 2012; Kelly et al., 2019)

Un mayor consumo de alimento promueve sucesivamente un aumento en el contenido del tacto gastrointestinal y disponibilidad de nutrientes para la formación de tejido tisular en la canal; a su vez, el animal también mejora su ganancia de peso con la deposición de músculo y grasa (Mitchell, 2007; Zhang et al., 2017). Por lo tanto, si se considera que el PVV de un cordero de finalización depende de la cantidad del contenido gastrointestinal y el peso de la canal de la cantidad de músculo y grasa, es de esperarse dichas relaciones de CMS y ganancias de peso en el periodo de finalización con el PVV y el peso de la canal. La relación moderada entre estas características puede deberse a la alta variabilidad observada en los datos de GDP, ganancia de peso total y CMS, comparado con la variación observada en el PF. Además, un estudio reciente demostró que tanto la GDP y el CMS tenía una relación positiva de tipo moderada con el PF de corderos de engorda (Herath et al., 2021), mientras que De Souza et al. (2013) concluyeron que la asociación del comportamiento productivo con las características de la canal varía por el grado de madurez de los corderos al momento del sacrificio; esto también podría explicar las diferencia en el nivel de relación de las variables de comportamiento productivo con el PVV, PCC, PCF y área del LD observado en el este estudio.

Los resultados de este estudio también evidenciaron que, bajo condiciones de engorda intensiva, el PVV y las principales características de la canal de los corderos de pelo no son influenciadas por la eficiencia alimenticia alcanzada en el periodo de finalización. Estos hallazgos coinciden con lo reportado por otros estudios en corderos de engorda (Ellison et al., 2022; Recinos et al., 2022). Por lo tanto, los resultados de correlaciones en general sugieren que, a excepción de la eficiencia alimenticia, las variables de comportamiento productivo podrían ser usadas para desarrollar modelos predictivos del PVV, peso de la canal y área del LD.

### 5.3. Ecuaciones de predicción

El presente estudio se realizó para probar la hipótesis de que, el PVV y las características principales de la canal de corderos de pelo podrían predecirse a partir de la información de comportamiento productivo registrada en la fase de finalización del periodo de engorda. Los resultados obtenidos confirman esta hipótesis, ya que se lograron desarrollar modelos que predicen con precisión alta el PVV y los pesos de las canales, y solamente moderada en el caso del área del LD. Cabe mencionar que el PF fue la variable de comportamiento productivo que mejor explicó las variaciones (91 a 98 %) observadas en las variables de PVV, PCC y PCF. En el caso particular de área del LD, su variación fue explicada por PF y CMS en un 50 %, aun así, el PF fue la variable independiente que más contribuyó (30 %).

Diversos estudios señalan al peso corporal como el elemento más importante para la estimación de requerimientos nutricionales, parámetros de producción y características de la canal en los ovinos (Díaz., 2001; Marshall et al., 2001; Chay Canul et al., 2016). De esta manera, a medida que el peso vivo del animal es mayor, la capacidad gastrointestinal y la tasa metabólica también aumentan, observándose un escenario metabólico de anabolismo que favorece la deposición de tejido graso y muscular principalmente; esto se refleja en un aumento en la cantidad de masa de las canales (Yildirim et al., 2014). Así, el PF presenta una relación directa con los componentes de la canal, y consecuentemente, explica la mayoría de la variación observada en el PVV, peso de la canal y área del LD de los corderos de engorda usados en este experimento. Cabe mencionar que las variables de comportamiento productivo como GDP, CMS y eficiencia alimenticia fueron eliminadas de los modelos finales de PVV y peso de las canales, lo cual se debió a que dichas variables se relacionan positivamente con el peso vivo generando problemas de multicolinealidad con el PF. Aunque, inesperadamente dado que no se correlacionaron, el CMS ayudó a explicar parcialmente la variación del área del LD, observándose una relación inversa (negativa). El área del LD es un indicativo inequívoco del aprovechamiento de los nutrientes dietarios en la síntesis de proteína para la formación de tejido muscular magro durante la fase de crecimiento en la

engorda, sin embargo, en la etapa de finalización se prioriza metabólicamente la formación de tejido graso en relación al magro (Soulat et al. 2016). En consecuencia, el aumento en consumo de alimento puede incrementar la deposición de grasa en esta etapa de la engorda, particularmente el espesor de la grasa dorsal, lo cual puede comprimir parcialmente al músculo LD reduciendo su área.

En general, los modelos seleccionados para PVV ( $PVV = -1.50 + 0.82 \cdot PF$ ), PCC ( $PCC = -0.41 + 0.50 \cdot PF$ ) y PCF ( $PCF = -0.81 + 0.48 \cdot PF$ ) cumplen con los supuestos de la regresión (linealidad, independencia de errores, homocedasticidad y ausencia de multicolinealidad), considerando que tienen los porcentajes más altos  $R^2_{adj}$ , los valores obtenidos en los indicadores DW, RMSE y VIF están dentro de los rangos de referencia, y los errores se distribuyen alrededor de cero. El análisis de validación cruzadas evidenció que las ecuaciones de PVV y pesos de las canales pueden ser utilizadas para predecir dichas variables con precisión y exactitud alta en corderos de cruce de Dorper finalizados en corral. Sin embargo, la ecuación del área del LD ( $ALD = 6.70 + 0.50 \cdot PF - 8.52 \cdot CMS$ ) presentó un nivel de error muy por arriba del rango normal ( $RMSE \leq 1.0$  vs. 2.1) (Pontius et al., 2008) a pesar de haber cumplido con los supuestos. Esto se reflejó que en la validación se detectara que dicha ecuación tiene relativamente baja precisión y exactitud, por lo que pudiera sobre- o sub-estimar la variable en cuestión. Por lo tanto, las ecuaciones de PVV, PCC y PCF se recomiendan su uso práctico, pero no la desarrollada para área del LD.

Al igual que en este estudio, otros también han desarrollado ecuaciones con alta precisión para predecir PVV (Chay-Canul et al., 2016; Jiménez-Jiménez et al., 2019) y PCC (González-Garduño et al., 2014) a partir del peso al sacrificio en ovinos de pelo para abasto, las cuales tuvieron  $R^2$  de 98 y 91 %, respectivamente. Aunque las ecuaciones desarrolladas en este estudio tienen menos margen de error que esas construidas en las investigaciones previamente indicadas ( $RMSE \leq 1.0$  vs.  $>1.5$ ), y esto posiblemente está relacionado con el hecho que el número de observaciones usadas fueron menos que las utilizadas en este estudio.

Similarmente en crías ovinas de destete, recientemente Bautista-Díaz et al. (2020) obtuvieron ecuaciones que predecían con 99 % de eficiencia el PVV, PCC y PCF al incluir en los modelos solamente el PF, y todas ellas presentaban valores de RMSE <0.4.

En relación a las ecuaciones para predecir área del LD existente en la literatura, el número que existen son limitadas y ninguna para ovinos de la craza Dorper usando solamente variables de comportamiento productivo pre-sacrificio como predictoras (Carvalho et al., 2019; Costa et al., 2020). Además, en congruencia con la ecuación desarrollada en este estudio, presentan de baja a moderada eficiencia predictiva con niveles de errores por arriba del rango de referencia ( $RMSE \leq 1.0 \text{ cm}^2$ ). Así, Carvalho et al. (2019) desarrollaron un modelo predictivo para el área del LD de corderos que iniciaban la etapa de finalización de la engorda, la cual tuvo una  $R^2 = 34 \%$  pero con un valor de  $RMSE = 11.27 \text{ cm}^2$  que resulta excesivamente alto en relación al rango esperado para el estimador. Dicho modelo incluyó además del peso vivo al sacrificio, las variables conformación, profundidad del cuerpo, perímetro de la pierna y condición corporal. Por su parte, Costa et al. (2020) obtuvo un modelo de predicción del área del LD para corderos en crecimiento usando como predictoras a la condición corporal y largo del cuerpo, el cual mostró una precisión baja ( $R^2 = 29$  a  $35 \%$ ) a pesar de tener un valor de RMSE de alrededor de  $1.0 \text{ cm}^2$ . Otro estudio más reciente donde se usaron mediciones del área del LD obtenidas a partir de un sistema de visión prototipo, reportó que la ecuación desarrollada podía predecir con moderada precisión ( $R^2 = 42 \%$ ) el área del LD en corderos, sin embargo, tenía un nivel de error de  $1.9 \text{ cm}^2$  que se reflejó en una sobrestimación (Stewart et al., 2021). En general, los resultados de los estudios previos en combinación con los del presente, sugieren que la predicción del área del LD a través de ecuaciones parece no ser muy factible con los modelos hasta ahora desarrollados. Por lo anterior, se requiere seguir buscando otras variables que contribuyan a mejorar la precisión y exactitud de dichos modelos.

## VI. CONCLUSIONES

El peso vivo vacío y algunas características de la canal de importancia económica en ovinos de pelo finalizados en corral pueden predecirse de forma precisa utilizando información de comportamiento productivo, siendo el peso al final de la engorda el parámetro más importante para predecir el peso vivo vacío y el peso de la canal con suficiente precisión y exactitud ( $\geq 90\%$ ). En el caso particular del área del músculo de *Longissimus dorsi*, puede estimarse su valor a partir del peso final y el consumo de materia seca durante la finalización de la engorda, aunque debe realizarse con cautela debido a que la ecuación desarrollada podría subestimarse o sobreestimarse debido a su baja asociación a los parámetros de comportamiento en corral.

Finalmente, a nivel de campo, la aplicación de estas ecuaciones será de apoyo para identificar las canales más pesadas antes del sacrificio, al mismo tiempo que beneficiaria para explorar otros mercados al ser los parámetros de mayor importancia económica en la comercialización de carne ovina.

## VII. LITERATURA CITADA

Aguilar-Martínez, C. U., Berruecos-Villalobos, J. M., Espinoza-Gutiérrez, B., Segura-Correa, J. C., Valencia-Méndez, J., y Roldán-Roldán, A. (2017). Origen, historia y situación actual de la oveja Pelibuey en México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 20(3), 429-439.

Alcalde Aldea, M. J., Horcada Ibáñez, A. L., Juárez Sanz, M., Siles, A., Porras, C. J., y Valera Córdoba, M. M. (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*. 35-37.

AMCO. (2007). Catálogo de Razas Ovinas. *Asociación Mexicana de Criadores de Ovino*, 01(405), 10–11. [http://uno.org.mx/razas\\_ovinas/catalogo\\_razas.pdf](http://uno.org.mx/razas_ovinas/catalogo_razas.pdf)

Ancelmo, J. M., Vara, I. A. D., Rebollar, S., Rebollar, J. L. B. G., y Martínez, J. H (2014). Canales de comercialización de la carne de ovino en Capulhuac, Estado de México. *Los grandes retos para la ganadería: hambre, pobreza y crisis ambiental*, 341.211.

Arroniz, J. V., Bozzi, R., Rivera, P. D., y Bazzi, L. (2010). Conformación corporal de las razas ovinas Pelibuey, Dorper y Kathadin en el estado de Veracruz, México. *Zootecnia Tropical*. [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-72692010000300003](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692010000300003)

Bautista-Díaz, E., Mezo-Solis, J. A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vázquez, A., Tedeschi, L. O., Lee-Rangel, H. A., Vargas-Bello-Pérez, E., and Chay-Canul, A. J. (2020). Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals*, 10(8), 1276. <https://doi.org/10.3390/ani10081276>

Bjelanovic, M., Grabez, V., Vucic, G., Martinovic, A., Lima, L. R., Markovic, B., and Egelanddal, B. (2015). Effects of different production systems on carcass and meat quality of sheep and lamb from Western Balkan and Norway.

*Biotechnology in Animal Husbandry*, 31(2), 203–221.  
<https://doi.org/10.2298/BAH1502203B>

Bobadilla-Soto, E. E., Flores-Padilla, J. P., y Perea-Peña, M. (2017). Comercio exterior del sector ovino mexicano antes y después del Tratado de Libre Comercio con América del Norte. *Economía y Sociedad*, 21(37), 35-49.

Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F., y Perea-Peña, M. (2021). Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*, 32(3), 963–982. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.44473>

Bores-Quintero, R.F., Madrazo, P. A.V., y Heredia, M. (2002). Evaluación de razas terminales en esquemas de cruce comercial con ovejas de pelo F1. *Técnica Pecuaria en México*, 40(1), 71-79.

Cabrera, N. A., Rojas, M. P., Daniel, R. I., Serrano, S. A y López, O. M. (2007). Influencia de la suplementación sobre la ganancia de peso y calidad de la canal en borregos Dorper/Katahdin. *Revista Científica UDO Agrícola*, 7(1), 245-251.

Camacho, C. A., Camacho, J. C., Franco, F. J., Hernández, J. E., and Villarreal, O. A. (2018). Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México. En I *Congreso Iberoamericano y XXXI Internacional en Administración de Empresas Agropecuarias*.

Camacho, A., Pérez, V., Mata, J., y Bermejo, L. . (2011). Ecuaciones predictoras de la composición tisular de la canal en dos razas ovinas canarias. *Archivos de Zootecnia*, 60(232), 1125–1135.

Canaza, C, W., A., Beltran, P. A., Gallegos R, E., and Mayta Q, J. (2017). Zoometry and prediction equations for the estimation of body weight in Corriedale ewes. *Altoandinas Journal of high andean research*, 19(3), 313-318.

Cardona Tobar, K. M., López Álvarez, D. C., y Álvarez Franco, L. Á. (2020). Estudios de asociación genómica en ovinos de América Latina. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(3), 859–883.  
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5372>

Castellaro, G., García, X., Magofke, J. C., y Marín, G. (2015). Características de la canal de corderos merino precoz, suffolk y mestizos determinadas por ultrasonografía lumbar y evaluación de sus correlaciones. *Chilean Journal of Agricultural and Animal Sciences*, 32(1), 53-59.

Castro, A. L. G., Da Silveira, O. J. C., Mendes, F. A. R., De Almeida, R. H., e Magalhaes, C. C. (2014). Producao de carne ovina com foco no consumidor. *Enciclopedia Biosfera. Centro Científico Conhecer*, 10(18), 2400.

Cesa, A., Álvarez, M., Villa, M., y Villareal, E. (2010). Protocolo de obtención y medición de imágenes de ojo de bife en pequeños rumiantes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. 6-17

Chay-Canul, A. J., García-Herrera, R. A., Magaña-Monforte, J. G., Macías Cruz, U., y Luna Palomera, C. (2019). Productividad de ovejas Pelibuey y Katahdin en el trópico húmedo. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 159. <https://doi.org/10.19136/era.a6n16.1872>

Chay-Canul, A. J., García-Herrera, R. A., Salazar-Cuytún, R., Ojeda-Robertos, N. F., Cruz-Hernández, A., Fonseca, M. A., y Canul-Solís, J. R. (2019). Development and evaluation of equations to predict body weight of Pelibuey ewes using heart girth. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(3), 767–777. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4911>

Chay-Canul, A. J., Ku-Vera, J. C., Magaña-Monforte, J. G., Ayala-Burgos, A. J., García-Herrera, R. A., y Piñeiro-Vázquez, A. T. (2017). Evaluación del consumo de energía metabolizable sobre el contenido energético de la canal en borregas Pelibuey. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 8(1), 93-99.

Chay-Canul, A. J., Magaña-Monforte, J. G., Chizzotti, M. L., Piñeiro-Vázquez, A. T., Canul-Solís, J. R., Ayala-Burgos, A. J., and Tedeschi, L. O. (2016). Energy requirements of hair sheep in the tropical regions of Latin America. Review. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(1), 105-125.

Cheng, S., Wang, X., Wang, Q., Yang, L., Shi, J., & Zhang, Q. (2020). Comparative analysis of Longissimus dorsi tissue from two sheep groups identifies

differentially expressed genes related to growth, development and meat quality. *Genomics*, 112(5), 3322-3330.

Cienfuegos Rivas, E. G., González Reyna, A., Hernández Meléndez, J., Zárate Fortuna, P., Ibarra Hinojosa, M. A., Lucero Magaña, F. A., and Martínez González, J. C. (2010). Genetic improvement of sheep production by crossbreeding strategies with hair sheep breeds Related papers Producción de Carne Ovina. *Archivos Latinoamericanos de Producción Animal*, 18(1022–1301), 49–56. [www.alpa.org.ve/ojs/index/php](http://www.alpa.org.ve/ojs/index/php)

Cloete, J. J. E., Cloete, S. W. P., Olivier, J. J., and Hoffman, L. C. (2007). Terminal crossbreeding of Dorper ewes to Ile de France, Merino Landsheep and SA Mutton Merino sires: Ewe production and lamb performance. *Small Ruminant Research*, 69(1-3), 28-35.

Costa, R. G., Lima, A. G.V.O., Oliveira, C. F.S., Azevedo, P. S y Medeiros, A. n. (2012). Using diferrent methodologies to determination the loin eye area in sheep. *Archivos de Zootecnia*, 61(236), 615-618.

Costa, R. G., Lima, A. G. V. D. O., Ribeiro, N. L., Medeiros, A. N. D., Medeiros, G. R. D., Gonzaga Neto, S., and Oliveira, R. L. (2020). Predicting the carcass characteristics of Morada Nova lambs using biometric measurements. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 49:e20190179. <https://doi.org/10.37496/rbz4920190179>.

Dias, L. G., Silva, S. R., and Teixeira, A. (2020). Simultaneously prediction of sheep and goat carcass composition and body fat depots using in vivo ultrasound measurements and live weight. *Research in Veterinary Science*, 133, 180-187.

Díaz-Chirón, M. T. D., Martínez, V. C., y Marcos, M. C. P. (2001). Características de la canal y de la carne de corderos lechales manchegos: correlaciones y ecuaciones de predicción. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones. 215-262

Duarte-Vera, F., Sandoval-Castro, C., y Sarmiento-Franco, L.. (2009). Empleo del modelo SRNS para predecir la ganancia de peso en ovinos machos Pelibuey en crecimiento. *Archivos de Zootecnia*, 58(224), 671-681.

Dýrmundsson, Ó. R. (2006). Sustainability of sheep and goat production in North European countries - From the Arctic to the Alps. *Small Ruminant Research*, 62(3), 151–157. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.08.010>

Dzib, C. A., De Montellano, O., and Torres-Hernández, Y. (2011). Variabilidad morfoestructural de ovinos blackbelly en Campeche, México. *Archivos de Zootecnia*, 60(232), 8–14.

Ellison, M. J., Cockrum, R. R., Means, W. J., Meyer, A. M., Ritten, J., Austin, K. J., and Cammack, K. M. (2022). Effects of feed efficiency and diet on performance and carcass characteristics in growing wether lambs. *Small Ruminant Research*, 207, 106611.

Estrada, A., Dávila, A., Herrera, R. S., Robles, J. C., la O, O., Castro, B. I., Portillo, J. J., Ríos, F. G., y Contreras, G. (2012). Características de la canal y rendimiento de los cortes primarios de corderos alimentados con sorgo escobero. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(2), 145–150.

FAOSTAT. 2018. Data of live animals. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QA>.

Figueiredo Filho, L. A. S., Do Ó, A. O., Sarmiento, J. L. R., Santos, N. P. D. S., and Torres, T. S. (2016). Genetic parameters for carcass traits and body size in sheep for meat production. *Tropical Animal Health and Production*, 48(1), 215–218. <https://doi.org/10.1007/s11250-015-0921-5>

FIRA. (2014). Factores relevantes en el desarrollo de proyectos de inversión en el sector agropecuario en México. *Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura*, 94

Gómez-Gurrola, A., Sol-García, G. Del, Sanginés-García, L., Loya-Olguín, L., Benítez-Meza, A., Hernández-Ballesteros, A., Gómez-Gurrola, A., Sol-García, G. Del, Sanginés-García, L., Loya-Olguín, L., Benítez-Meza, A., y Hernández-Ballesteros, A. (2017). Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum* spp. *Abanico Veterinario*, 7(2), 34–42. <https://doi.org/10.21929/ABAVET2017.72.3>

González, S., Aguirre, O. J., Gómez, D. A., Ruíz, F. M., Lemus, F. C., Macías, C. H., Moreno, F. L., Salgado, M y Ramírez, L. M. . (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Revista Fuente*, 2(5), 41-51.

González-Garduño, R., Salinas-Hernández, R. M., Garduza-Arias, G., & Reyes-Montes, F. (2014). Body composition of slaughter hair sheep in the southeast of Mexico, *Zootecnia Tropical*, 32(11), 23-32. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0.084940514862&partnerID=MN8TOARS>

González, C. A., Grajales, H. A., Manrique, C., y Téllez, G. (2011). Gestión de la información en los sistemas de producción animal: una mirada al caso de la ovino-caprinocultura. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 58(3), 176-193.

González, R., Blardony-Ricardez, K., Ramos-Juárez, J. A., Ramírez-Hernández, B., Sosa, R., and Gaona-Ponce, Y. (2013). Meat production profitability of Katahdin x Pelibuey sheep in three feeding system. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17(1), 135–148.

González-Reyna, A., Martínez-González, J. C., Hernández-Meléndez, J., Lucero-Magaña, F. A., Castillo-Rodríguez, S. P., Vásquez-Armijo, J. F., y Parra-Bracamonte, G. M. (2020). Reproducción de ovinos de pelo en regiones tropicales de México. *Ciencia Agropecuaria*, (31), 182-199.

Goodfray, H. C. J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J. W., Key, T. J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R. T., Scarborough, P., Springmann, M., and Jebb, S. A. (2018). Meat consumption, health, and the environment. *Science*, 361(6399). <https://doi.org/10.1126/science.aam5324>

Guerra, C. W., Cabrera, A., y Fernández, L. (2003). Criterios para la selección de modelos estadísticos en la investigación científica. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(1), 3-10.

Herath, H. M., Pain, S. J., Kenyon, P. R., Blair, H. T., and Morel, P. C. (2021). Growth and body composition of artificially-reared lambs exposed to three different rearing regimens. *Animals*, 11(12), 3370.

Hernández-Marin, J. A., Valencia-Posadas, M., Ruíz-Nieto, J. E., Mireles-Arriaga, A. I., Cortez-Romero, C., and Gallegos-Sánchez, J. (2017). Contribution of Sheep Breeding To the Livestock Sector in Mexico. *Agroproductividad*, 10(3), 87–93.

Hernández-Martínez, J., Ortiz-Rivera, M. I., Rebollar-Rebollar, S., Guzmán-Soria, E., y González-Razq F.D.J (2013). Comercialización de ovinos de pelo en el Estado de México. *Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 195-201.

Hernández Zapata, S., Blanco Roa, N., Chavarría Rivaz, E., Zúñiga González, C and Marinero Orantes, E. (2019). In vivo estimation of the pig carcass by the ultrasonography method: An Approach to Eco-Intensification in Porcine. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 5(10), 1278-1287. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v5i10.8966>

Hervé, M. (2013). Carne ovina: Producción, características y oportunidades en lo que hoy demanda el consumidor nacional e internacional. *Oficina de Estudios y Políticas Agrarias (ODEPA)*, Santiago, Chile.12-14

Hinojosa-Cuéllar, J., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J., Aranda-Ibáñez, E., González-Camacho, J., Hinojosa-Cuéllar, J., y Oliva Hernández, J. (2012). Factores que afectan el crecimiento predestete de corderos pelibuey en el trópico húmedo de México. *Universidad y Ciencia*, 28(2), 163–171. <https://doi.org/10.19136/era.a28n2.24>

Hinojosa-Cuéllar, J. A., Oliva-Hernández, J., Torres-Hernández, G., Segura-Correa, J. C., y González-Garduño, R. (2015). Productivity of F 1 Pelibuey x Blackbelly ewes and crosses with Dorper and Katahdin in a production syst. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 47(5), 167-174.

Jiménez-Jiménez, R., Olvera-Aguirre, G., Chay-Canul, A.J., García-Herrera, R.A., Ramírez-Bautista, M.A., Piñeiro-Vazquez, A.T., Canul-Solis, J., Casanova-

Lugo, F y Castillo-Sanchez, L (2019). Relación entre el peso vivo y peso vivo vacío en ovinos pelibuey en engorda intensiva. *Avances en el conocimiento para la producción animal en el trópico*. 1, 199-205

Juárez, M., López-Campos, Ó., Roberts, J. C., Prieto, N., Larsen, I. L., Uttaro, B., Dugan, M. E. R., Cancino-Baier, D., Hosford, S., Galbraith, J., and Aalhus, J. L. (2018). Exploration of methods for lamb carcass yield estimation in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 98(4), 760–768. <https://doi.org/10.1139/cjas-2017-0208>

Keçici, P. D., Öztürk, N., Yalçintan, H., Koçak, Ö., Yılmaz, A., and Ekiz, B. (2020). Prediction of carcass composition of lambs by joint dissection and carcass traits. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 44(5), 1125–1135. <https://doi.org/10.3906/vet-2004-74>

Kelly, D. N., Murphy, C., Sleator, R. D., Judge, M. M., Conroy, S. B., and Berry, D. P. (2019). Feed efficiency and carcass metrics in growing cattle. *Journal of animal science*, 97(11), 4405-4417.

Lage, R. R. P., Vega, W. H. O., Costa, H. H. A., Costa, A. C., Sousa, L. C. O., Lima, L. D., and Landim, A. V. (2020). Effect of breed on meat quality and global acceptance of native lambs and their crosses. *South African Journal of Animal Science*, 50(1), 150-160.

Lambe, N. R., Navajas, E. A., Bünger, L., Fisher, A. V., Roehe, R., and Simm, G. (2009). Prediction of lamb carcass composition and meat quality using combinations of post-mortem measurements. *Meat Science*, 81(4), 711–719. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.10.025>

Lancaster, P. A., Carstens, G. E., Ribeiro, F. R. B., Tedeschi, L. O., and Crews Jr, D. H. (2009). Characterization of feed efficiency traits and relationships with feeding behavior and ultrasound carcass traits in growing bulls. *Journal of animal science*, 87(4), 1528-1539.

Leighton, P. L., Marcoux, M., Wei, X., Soladoye, P., Dugan, M. E., Juarez, M., and Prieto, N. Prediction of carcass composition and meat and fat quality using sensing technologies: A review. *Meat and Muscle Biology*. 5(3), 1-18

López-Velázquez, M. M., Cruz-Colín, L. D. L., Partida de la Peña, J. A., Torres-Hernández, G., Becerril-Pérez, C. M., Buendía Rodríguez, G and Hinojosa-Cuéllar, J. A. (2016). Efecto de la raza paterna en características de la canal de corderos para carne en Hidalgo, México. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 441-453.

Lupton, C. J., Huston, J. E., Craddock, B. F., Pfeiffer, F. A., and Polk, W. L. (2007). Comparison of three systems for concurrent production of lamb meat and wool. *Small Ruminant Research*, 72, 133–140. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2006.10.002>

Macías-Cruz, U., Álvarez-Valenzuela, F., Rodríguez-García, J., Correa-Calderón, A., Torrentera-Olivera, N., Molina-Ramírez, L., y Avendaño-Reyes, L. (2010). Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 42, 147–154.

Macías-Cruz, U., Perard, S., Vicente, R., Álvarez, F. D., Torrentera-Olivera, N. G., González-Ríos, H and Avendaño-Reyes, L. (2014). Effects of free ferulic acid on productive performance, blood metabolites, and carcass characteristics of feedlot finishing ewe lambs. *Journal of animal science*, 92(12), 5762-5768.

Magaña, J. G., Moo-Catzin, C. J., Chay-Canul, A. J., Aké-López, J. R., Segura-Correa, J. C., y Montés-Pérez, R. C. (2015). Crecimiento y componentes de la canal de ovinos de pelo en jaulas elevadas. *Livestock Research for Rural Development*, 27(6), 7.

Magaña, H. L., Briones Encinia, F., Hernández, M. J., Castillo, R. S.P., y Martínez, G. J. C. (2011). Estrategias para incrementar la producción de carne de ovinos de pelo en la Huasteca Potosina, México. *Zootecnia Tropical*, 29(3), 255-260.

Marshall, W., Collantes, M., Corchado, A., Bertot, J. A., Uña, F., Torres, V., and Sarduy, L. (2005). Prediction of the carcass, tissue composition and regional traits in Pelibuey sheep supplemented with poultry litter and soybean meal. *Cuban Journal of Agricultural Science*, 39(1), 33-40.

Martínez, E. D (2014). Evaluación de corderos en pie y en canal. *Trillas*. No. 636.31 D449e.

Martínez, E.D (2019). Características de canales de ovinos en la Región Centro de México. *Revista Mexicana Agroecosistemas*, 6(2), 675-682.

Martínez, E.D (2020). Características de la canal y de la carne de corderos de un sistema intensivo. *Ciencias Veterinarias*, 38(1), 17–27. <https://doi.org/10.15359/rcv.38-1.2>

Martinez, G, S., Aguirre, O, J., Gomez, D, A. A., Ruiz, F, M., Lemus, F, C., Macías, C, H y Ramirez, L, M. H (2010). Tecnologías para mejorar la producción ovina en México. *Revista CONACYT*, 2(5), 41-51.

Matthews, D., Pabiou, T., Evans, R. D., Beder, C., and Daly, A. (2022). Predicting carcass cut yields in cattle from digital images using artificial intelligence. *Meat Science*, 184, 108671.

Mazinani, M., and Rude, B. (2020). Population, world production and quality of sheep and goat products. *Am. J. American Journal of Animal and Veterinary Sciences*, 15, 291-299.

McGregor, B. A. (2017). Relationships between live weight, body condition, dimensional and ultrasound scanning measurements and carcass attributes in adult Angora goats. *Small Ruminant Research*, 147, 8-17.

Meza-Villavalzo, V.M., Campos-Hervert, J., Cruz-Sánchez, O.E., Bautista-Días, E., Salazar-Cuytun, R., Ojeda-Robertos, N.F., García-Herrea, R.A., Canul-Solis., J.R., y Chay-Canul, A.J. (2019). Relación entre el peso vivo y peso vacío en corderos lactantes Peibuey y Katahdin. *En Producción Agropecuaria: Un enfoque integrado*. ISBN: 978-607-98543-1-7, 195-201.

Mitchell, A. D. (2007). Impact of research with cattle, pigs, and sheep on nutritional concepts: body composition and growth. *The Journal of nutrition*, 137(3), 711-714.

Mondragón-Ancelmo, J., Hernández, J., Rebollar, S., Salem, A. Z. M., Rojo, R., Domínguez, I. A., and García. (2014). Marketing of meat sheep with intensive finishing in southern state of Mexico. *Tropical Animal Health and Production*, 46(8), 1427–1433. <https://doi.org/10.1007/s11250-014-0659-5>

Montero, A., Huerta-Leidenz, N., Rodas-González, A., and Arenas de Moreno, L. (2014). Fabrication and variation of the cut-out yield of beef carcasses in Venezuela: anatomical description of the process and equivalency of cut nomenclature to North American counterparts. *Nacameh*, 8(1), 1-22.

Montossi, F., Font-i-Furnols, M., Del Campo, M., San Julián, R., Brito, G., and Sañudo, C. (2013). Sustainable sheep production and consumer preference trends: Compatibilities, contradictions, and unresolved dilemmas. *Meat science*, 95(4), 772-789.

Morris, S. T., and Kenyon, P. R. (2014). Intensive sheep and beef production from pasture - A New Zealand perspective of concerns, opportunities and challenges. *Meat Science*, 98(3), 330–335. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.06.011>

Muñoz, G. (2021). El desempeño productivo de corderos de engorda en corrales elevados en Yucatán. *Bioagrociencias*, 14, 63–69.

Muñoz, G. A., Aguilar-, A. J., Sarmiento-franco, L. A., and Cámara-sarmiento, W. R. (2015). Description of intensive lamb fattening systems in Yucatan , Mexico. *Nova Scientia*, 7(3), 207–226.

Myers, R. H. (1990). Classical and modern regression with applications. 277–368.

Nasrat, M. M., Segura Correa, J. C., and Magaña Monforte, J. G. (2016). Breed genotype effect on ewe traits during the pre-weaning period in hair sheep

under the tropical Mexican conditions. *Small Ruminant Research*, 137, 157–161. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.03.026>

Ochoa-Mg, L.L (2019). Evaluación de algoritmos de clasificación utilizando validación cruzada. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Perú. 1-6. <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.471>

OECD/FAO (2020), OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>.

Oliveira, A. S., Abreu, D. C., Fonseca, M. A., and Antoniassi, P. M. B. (2013). Short communication: Development and evaluation of predictive models of body weight for crossbred Holstein-Zebu dairy heifers. *Journal of Dairy Science*, 96(10), 6697–6702. <https://doi.org/10.3168/JDS.2013-6988>

Orona-Castillo, I., López-Martínez, J., Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E., Ramírez-Ramírez, M., and Aguilar, A. (2014). Microeconomic analysis of representative production units of sheep meat in Mexico under a semi intensive production system. *Agricultural and Food Policy*, 18(34).

Pabiou, T., Fikse, W. F., Cromie, A. R., Keane, M. G., Näsholm, A., and Berry, D. P. (2011). Use of digital images to predict carcass cut yields in cattle. *Livestock Science*, 137(1-3), 130-140.

Parsons, D., y Nicholson, C. F. (2017). Assessing policy options for agricultural livestock development: A case study of Mexico's sheep sector. *Cogent Food & Agriculture*, 3(1). doi:10.1080/23311932.2017.1313360

Partida de la Peña, J. A., Braña Varela, D., Jiménez Severiano, H., Ríos Rincón, F. G., y Buendía Rodríguez, G. (2013). Producción de carne ovina. INIFAP. Libro Técnico No. 5. 7-21. ISBN: 978-607-37-0036-8

Partida de la Peña, J. A., Varela, B. D., y Rojas, M. L (2009). Desempeño productivo y propiedades de la canal en ovinos Pelibuey y sus cruces con Suffolk o Dorset. *Técnica Pecuaria en México*. 47 (3): 313 – 322

Partida de la Peña, J.A y Martínez R, L. (2010). Composición corporal de corderos Pelibuey en función de la concentración energética de la dieta y del peso al sacrificio. *Veterinaria México*, 41(3), 177-190.

Partida de la Peña, J. A., Ríos Rincón, F. G., De la Cruz Colín, L., Domínguez Vara, I. A., and Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(3), 269. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i3.4203>

Pereira de Castro, D. P., de Sousa Santos, A. K., e Silva, A. P. S., de Sousa Silva, T., Sena, L. S., Sarmiento, J. L. R., and da Silva Santos, N. P. (2022). Inclusion of covariates in the animal model for the genetic evaluation of sheep for ultrasound measurement of the Longissimus thoracis et lumborum muscle area. *Small Ruminant Research*, 209, 106655.

Pérez, L. E.J., García, A. M.C., Albores, M. S., Sosa, R. R y León, V. H. (2011). Parametros productivos de ovinos de pelo en un sistema de alimentacion intensiva en la region central de Chiapas. *Quehacer científico en Chiapas*, 1(12), 7-13.

Pontius, R., Thontteh, O y Chen, H (2008). Components of information for multiple resolution comparison between maps that share a real variable». *Environmental Ecological Statistics* 15 (2): 111-142. doi:10.1007/s10651-007-0043-y

Prache, S., Schreurs, N., and Guillier, L. (2021). Review: Factors affecting sheep carcass and meat quality attributes. *Animal Science*, 10330. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2021.100330>

Quintanilla-Medina, J. J., González-Reyna, A., Hernández-Meléndez, J., Limas-Martínez, A. G., Carreón-Pérez, A., and Martínez-González, J. C. (2018). Producción de ovinos de pelo bajo condiciones de pastoreo en el noreste de México. *Revista de investigaciones Veterinarias del Perú*, 29(2), 544-551.

Ramírez-López, A., y Coronado-Minjarez, M. A. (2017). Efecto de la demanda en las características del ganado ovino comercializado en el Altiplano Oeste Potosino. *Nova Scientia*, 9 (2), 464–480.

Reinhardt, C. D., Hands, M. L., Marston, T. T., Waggoner, J. W., and Corah, L. R. (2012). Relationships between feedlot health, average daily gain, and carcass traits of Angus steers. *The Professional Animal Scientist*, 28(1), 11-19.

Resendiz, C. V., Hernández, O., Guerrero, I., Gallegos, J., Martínez, P. A., y Sánchez, C. (2013). Engorda de corderos Pelibuey con diferente nivel de alfalfa en la dieta. *Archivos de zootecnia*, 62(239), 457-467.

Ríos-Utrera, Á., Calderón-Robles, R., Lagunes-Lagunes, J., Oliva-Hernández, J., Jorge, M., and Hernández, O. (2014). Pelibuey y sus cruces con Blackbelly, Dorper y Katahdin Preweaning weight gain in Pelibuey lambs and their crosses with Blackbelly, Dorper and Katahdin. *Nova Scientia*, 6 (12), 272–286.

Ríos Rincón, F. G., Bernal Barragán, H., Cerrillo Soto, M. A., Estrada Angulo, A., Juárez Reyes, A. S., Obregón, J. F., and Portillo Loera, J. J. (2012). Características de la canal, rendimiento en cortes primarios y composición tisular de corderos Katahdin x Pelibuey alimentados con garbanzo de desecho. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 3(3), 357–371.

Rodríguez-González, K., Valverde-Abarca, A., Rodríguez-González, J., Murillo-Bravo, O., y Camacho-Calvo, M. (2018). Efecto del genotipo y alimentación final sobre cortes cárnicos comerciales y calidad de canal en novillos. *Agronomía Mesoamericana*, 29(1), 112-130.

Rojo-Rubio, R., Avendaño-Reyes, L., Albarrán, B., Vázquez, J. F., Soto-Navarro, S. A., Guerra, J. E., y Macías-Cruz, U. (2018). Zilpaterol hydrochloride improves growth performance and carcass traits without affecting wholesale cut yields of hair sheep finished in feedlot. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 375-379.

Sañudo Astiz, C. (2008). Calidad de la canal y de la carne ovina y caprina y los gustos de los consumidores. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 37(1), 143-160.

Silva, S., Guedes, C., Rodrigues, S., and Teixeira, A. (2020). Non-destructive imaging and spectroscopic techniques for assessment of carcass and meat quality in sheep and goats: A review. *Foods*, 9(8), 1074.

Snowder, G. D., Glimp, H. A., and Field, R. A. (1994). Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *Journal of Animal Science*, 72(4), 932-937.

Sosa Urrutia, M. E., Martínez Castañeda, F. E., Espinosa García, J. A., y Buendía Rodríguez, G. (2017). Contribución del sector pecuario a la economía mexicana. Un análisis desde la Matriz Insumo Producto. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 8(1), 31. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4308>

Soulat, J., Picard, B., Léger, S., and Monteils, V. (2016). Prediction of beef carcass and meat traits from rearing factors in young bulls and cull cows. *Journal of Animal Science*, 94(4), 1712–1726. <https://doi.org/10.2527/jas.2015-0164>

Souza, D. A., Selaive-Villarroel, A. B., Pereira, E. S., Silva, E. M. C., and Oliveira, R. L. (2016). Effect of the Dorper breed on the performance, carcass and meat traits of lambs bred from Santa Inês sheep. *Small Ruminant Research*, 145, 76–80. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2016.10.017>

Stewart, S. M., Lauridsen, T., Toft, H., Pethick, D. W., Gardner, G. E., McGilchrist, P., and Christensen, M. (2021). Objective grading of eye muscle area, intramuscular fat and marbling in Australian beef and lamb. *Meat Science*, 181, 108358.

Torrescano-Urrutia, G. R., Sánchez-Escalante, A., Peñúñuri-Molina, F. J., Velázquez-Caudillo, J., y Tineo-Sierra, R. (2009). Características de la canal y calidad de la carne de ovinos pelibuey, engordados en Hermosillo, Sonora. *Biotecnia*, 11(1), 41-50.

Ulloa-Arvizu, R., Gayosso-Vázquez, A., y Morales, R. A.A. (2009). Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del Citocromo C Oxidasa subunidad I. *Técnica Pecuaria en Mexico*, 47(3), 323–328.

Valadez-García, K.M., Avendaño-Reyes, L., Días-Molina, R., Mellado, C., Meza-Herrera, C.A., Correa-Calderon, A and Macías-Cruz, U (2021). Free feluric acid supplementation of heat – stressed hair ewe lambs: Oxidative status, feedlot performance, carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 173(3). 108395.

Vázquez-Martínez, I., Luis Jaramillo-Villanueva, J., Bustamante-González, A., Vargas-López, S., Calderón-Sánchez, F., Torres-Hernández, G., y Pittroff, W. (2018). Estructura y tipología de las unidades de producción ovinas en el Centro de México. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, 15(1), 85–97.

Vázquez Soria, E. T., Partida De La Peña, A., Lozano Rubio, M. S., y Medina Méndez, D. (2011). Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas Productive performance and carcass characteristics in lambs from crosses between Katahdin ew. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 2(3), 247–258.

Vergara, P. H. (1996) Características del crecimiento y de la calidad de la canal de corderos de raza manchega. Tesis doctoral. Universidad de Castilla. España. ISBN 84-89492-22-0. 60-66

Villalobos, G., Rodríguez-Almeida, F. A., Lara-Camargo, G., Estrada, J. C., Zapata, M., and Dominguez, D. (2006). Evaluation of animal performance in crossbred hair lambs fed with a high concentrate diet. *Animal Science*, 57(1) 387.

Vicente Pérez, R., Macías Cruz, U., Avendaño Reyes, L., Correa Calderón, A., López Baca, M. D. los Á., y Lara Rivera, A. L. (2020). Impacto del estrés por calor en la producción de ovinos de pelo. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 11(1), 205–222. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4923G>

Wishart, H., Morgan-Davies, C., Stott, A., Wilson, R., and Waterhouse, T. (2017). Liveweight loss associated with handling and weighing of grazing sheep. *Small Ruminant Research*, 153, 163-170.

Zavala, E. R., Ortiz, J. R., Ugalde, J. P. R., Morales, P. M., Vázquez, A. S y García, J. R. S. (2008). Pubertad en hembras de cinco razas ovinas de pelo en condiciones de trópico seco. *Zootecnia Tropical*, 26(4), 465–473.

Zhang, X., Wang, W., Mo, F., La, Y., Li, C and Li, F. (2017). Association of residual feed intake with growth and slaughtering performance, blood metabolism, and body composition in growing lambs. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11.