



UNIVERSIDAD JUÁREZ AUTÓNOMA DE TABASCO

DIVISIÓN ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



**RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11
DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL
EN OVINOS DE PELO**

TESIS

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA**

PRESENTA

DAVID VAZQUEZ VALENCIA

BAJO LA DIRECCIÓN DE:

DR. ALFONSO JUVENTINO CHAY CANUL

EN CODIRECCIÓN DE:

DR. ARMANDO GÓMEZ-VÁZQUEZ

VILLAHERMOSA, TABASCO, OCTUBRE DE 2025

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD

En la Ciudad de Villahermosa, Tabasco, el día 29 del mes de julio del año 2025, el que suscribe DAVID VAZQUEZ VALENCIA alumna(o) del Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia con número de matrícula 142C13096, adscrito a la División Académica de Ciencias Agropecuarias, de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, como autor(a) (es) de la Tesis presentada para la obtención del título de MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA y titulada ELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11 DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL EN OVINOS DE PELO dirigida por el DR. ALFONSO J. CHAY CANUL.

DECLARO QUE:

La Tesis es una obra original que no infringe los derechos de propiedad intelectual ni los derechos de propiedad industrial u otros, de acuerdo con el ordenamiento jurídico vigente, en particular, la LEY FEDERAL DEL DERECHO DE AUTOR (Decreto por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de la Ley Federal del Derecho de Autor del 01 de Julio de 2020 regularizando y aclarando y armonizando las disposiciones legales vigentes sobre la materia), en particular, las disposiciones referidas al derecho de cita. Del mismo modo, asumo frente a la Universidad cualquier responsabilidad que pudiera derivarse de la autoría o falta de originalidad o contenido de la Tesis presentada de conformidad con el ordenamiento jurídico vigente.

Villahermosa, Tabasco a 29 de julio de 2025.


DAVID VAZQUEZ VALENCIA

Nombre y Firma



UJAT

UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

“ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE”



División
Académica de
Ciencias
Agropecuarias



2025
AÑO DE LA
Mujer
Indígena

COORDINACIÓN DE ESTUDIOS TERMINALES

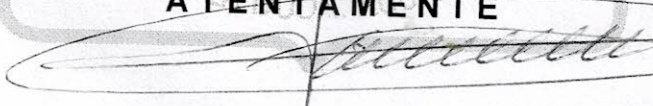
Asunto: Autorización de impresión
de Trabajo Recepcional.
Fecha: 28 de agosto de 2025.

LIC. MARIBEL VALENCIA THOMPSON
JEFA DEL DEPARTAMENTO DE CERTIFICACIÓN Y
TITULACIÓN DE LA UJAT.
P R E S E N T E

Por este conducto y de acuerdo a la solicitud correspondiente por parte del interesado(a), le informo que, con base en el artículo 113 del Reglamento de Titulación Vigente en esta Universidad, la Dirección a mi cargo **autoriza** al **C. David Vázquez Valencia**, con matrícula **142C13096**, egresado(a) de la Licenciatura de **Medicina Veterinaria y Zootecnia** de la División Académica de Ciencias Agropecuarias, **la impresión de su Trabajo Recepcional** bajo la modalidad de **Tesis**, titulado: **RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11 DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL EN OVINOS DE PELO.**

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

A T E N T A M E N T E


M.V.Z. JORGE ALFREDO THOMAS TELLEZ
DIRECTOR

U.J.A.T.



DIVISION ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
DIRECCIÓN

C.c.p.- Archivo

Carretera Villahermosa – Teapa Km. 25
R/A La Huasteca 2da Sección
Villahermosa, Tabasco. México. C.P. 86298
Tel. (+52 993) 3581500 ext. 6614
Correo electrónico: terminales.daca@ujat.mx

CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Villahermosa, Tabasco a 29 de julio de 2025.

Por medio de la presente manifestamos haber colaborado como AUTOR(A) y/o AUTORES(RAS) en la producción, creación y/o realización de la obra denominada **RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11 DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL EN OVINOS DE PELO**. Con fundamento en el artículo 83 de la Ley Federal del Derecho de Autor y toda vez que, la creación y/o realización de la obra antes mencionada se realizó bajo la comisión de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco; entendemos y aceptamos el alcance del artículo en mención, de que tenemos el derecho al reconocimiento como autores de la obra, y la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco mantendrá en un 100% la titularidad de los derechos patrimoniales por un período de 20 años sobre la obra en la que colaboramos, por lo anterior, cedemos el derecho patrimonial exclusivo en favor de la Universidad.

COLABORADORES



Alumno



Director

Testigo



Codirector

Testigo

Alojamiento de La Tesis en el Repositorio Institucional.	
Título de Tesis:	“RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11 DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISIS DE IMAGEN DIGITAL EN OVINOS DE PELO”
Autor (a) o autores (ras) de la Tesis:	David Vázquez Valencia
ORCID:	https://orcid.org/0009-0004-8798-1311
Resumen de la Tesis:	<p>El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre la composición tisular de la sección 9-11 de la costilla y mediciones por análisis de imagen digital en ovinos de pelo. Se utilizaron 20 corderos de pelo (6 meses de edad), los cuales, antes del sacrificio se registró el peso vivo (PV) de los animales. Después del sacrificio, la canal se puso en refrigeración por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente se dividió por medio de la línea media dorsal en dos mitades y se extrajo el espacio intercostal entre la 9 y 11 costilla. Se tomaron fotografías de esta sección del largo (LRib), y área de la costilla (ARib), además de la profundidad (PLt), amplitud (ALt) y área (ARLt) del músculo <i>longissimus thoracis</i>. Posteriormente la sección 9-11 se pesó (PRib) y disecciono en grasa (GRib), músculo (MRib) y hueso (HRib). El LRib obtenida por imagen digital tuvo una alta asociación con el PRib ($r=0.84$) y una asociación moderada con los tejidos de la canal ($0.54 \leq r \leq 0.68$, $P < 0.05$). La PLt se correlaciono con el ARib y ARLt teniendo una $r = 0.46$ a 0.66. Mientras que el ARLt obtuvo una relación similar con el WRib y MRib ($r=0.70$), el ALt no registro alguna relación asociada con las variables evaluadas ($p>0.05$). El método de análisis de imagen de las secciones de las costillas 9ª-11ª podría utilizarse para la predicción de sus tejidos.</p>
Palabras claves de la Tesis:	Canal, Ovinos de pelo, fotografía digital
Referencias citadas:	<p>Araújo, J. C., Lima, A. C. S., Nunes, M. P. M., Sousa, M. A. P., Serrão, G. X., Morais, E. C., ... & Silva, A. G. M. (2020). Relationships among carcass shape, tissue composition, primal cuts and meat quality traits in lambs: A PLS path modeling approach. <i>Small Ruminant Research</i>, 182, 52-66.</p> <p>Batista, A. C., Santos, V., Afonso, J., Guedes, C., Azevedo, J., Teixeira, A., & Silva, S. (2021). Evaluation of an image analysis approach to predicting primal cuts and lean in light lamb carcasses. <i>Animals</i>, 11(5), 1368.</p> <p>Bautista-Díaz, E., Mezo-Solis, J. A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vazquez, A., Tedeschi, L. O., & Chay-Canul, A. J. (2020). Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. <i>Animals</i>, 10(8), 1276.</p> <p>Chay-Canul, A. J., González, J. T., Canul-Solís, J., Casanova-Lugo, F., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Portillo-Salgado, R., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2023). Predictive biometrics of hair sheep through digital imaging. <i>Veterinaria México OA</i>, 10.</p>

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.

DAVID VAZQUEZ VALENCIA

RELACIÓN ENTRE LA COMPOSICIÓN TISULAR DE LA SECCIÓN 9-11 DE LA COSTILLA Y MEDICIONES POR ANÁLISI...

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:483139630

35 páginas

Fecha de entrega

13 ago 2025, 2:59 p.m. GMT-6

6200 palabras

Fecha de descarga

28 ago 2025, 2:26 p.m. GMT-6

31.876 caracteres

Nombre del archivo

Tesis de David Vazquez Valencia_Corregido_final.docx

Tamaño del archivo

553.2 KB

U.J.A.T.



DIVISIÓN ACADÉMICA DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS
JEFATURA DE ESTUDIOS TERMINALES




10% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe


- Bibliografía
- Texto citado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad




N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
1 caracteres sospechosos en N.º de página
El texto es alterado para mezclarse con el fondo blanco del documento.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 5%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet		
	gacetajuchiman.ujat.mx		6%
2	Internet		
	researchspace.ukzn.ac.za		<1%
3	Publicación		
	R Portillo-Salgado, JG Herrera-Haro, J Bautista-Ortega, AJ Chay-Canul, JE Ramírez-...		<1%
4	Internet		
	ri-ng.uaq.mx		<1%
5	Internet		
	veterinariamexico.fmvz.unam.mx		<1%
6	Internet		
	repositorio.uach.mx		<1%
7	Internet		
	docplayer.es		<1%
8	Internet		
	scholars.library.tamu.edu		<1%

DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, a mis padres: David Vázquez Cruz, Esther Valencia García de quienes he aprendido trabajo, paciencia y dedicación, y por ese amor expresados en mil formas. A mis hermanos por sostenerme cuando más lo he necesitado y por enseñarme a descubrir el amor en cada uno de ellos. A mis cuñados, cuñada, sobrinos que me han sido mi pilar en estos últimos años y de quienes sé que puedo contar en los momentos más difíciles. A mi gran amigo al Dr. José Manuel Balboa Cano, por sus valiosos consejos.

Mi más sincero agradecimiento a todos los que han contribuido de manera significativa a este proyecto de investigación.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

AGRADECIMIENTOS

Con profunda estima y reconocimiento extiendo mi más sincera gratitud a mi director de tesis Dr. Alfonso Juventino Chay Canul por su dedicación y su inestimable guía que han sido pilar fundamental en la dirección de esta investigación.

Mi eterno agradecimiento a los profesores que han impartido sus conocimientos en las aulas de clases, a mi compañero Geovany Anubis Peña Zarate (QEPD) con quien compartí aula y con quien compartimos sonrisas que se tornaban carcajadas, quien deseaba titularse y a quien la salud no le permitió obtener el tan anhelado título universitario.

Expreso mi agradecimiento a mis sinodales cuya perspicaces observaciones y constructivos comentarios han sido cruciales para la consolidación de este trabajo.

Mi gratitud se extiende a la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, bastión de excelencia académica que fomenta con los estudiantes el desarrollo de un espíritu crítico para el análisis profundo de los desafíos.

A cada uno de ustedes, mi más profundo agradecimiento por su invaluable contribución a este viaje académico.

CONTENIDO

DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTOS	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
1.- Introducción	1
2 Antecedentes.....	2
3. Justificación	5
4. Preguntas de investigación.....	6
5. Hipótesis	7
6. Objetivos General.....	8
7. Objetivos específicos	9
8. Metodología	10
8.1 Localización.....	10
8.2 Sacrificio de los animales.....	10
8.3 Mediciones de la sección 9 y 11 costilla por análisis de imagen digital ..	11
8.4 Análisis estadístico	13
9. Resultados	14
10. Discusión	16
11. Conclusiones y recomendaciones	19
12. Referencias citadas.....	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Valores mínimos y máximo de las variables evaluadas. 14

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla, sus características y su composición tisular (músculo, grasa y hueso) en ovinos de pelo. 15

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Medidas registradas en las imágenes digitales de las secciones costales 9^a-11^a de ovinos. a) largo de la sección 9-11(LRib); b) profundidad (PLt) y amplitud (ALt) del musculo *longissimus thoracis*; c) área de la sección 9-11 de la costilla (ARib); d) área (ARLt) del musculo *longissimus thoracis*. 12

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar la relación entre la composición tisular de la sección 9-11 de la costilla y mediciones por análisis de imagen digital en ovinos de pelo. Se utilizaron 20 corderos de pelo (6 meses de edad), los cuales, antes del sacrificio se registró el peso vivo (PV) de los animales. Después del sacrificio, la canal se puso en refrigeración por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente se dividió por medio de la línea media dorsal en dos mitades y se extrajo el espacio intercostal entre la 9 y 11 costilla. Se tomaron fotografías de esta sección del largo (LRib), y área de la costilla (ARib), además de la profundidad (PLt), amplitud (Alt) y área (ARLt) del musculo *longissimus thoracis*. Posteriormente la sección 9-11 se pesó (PRib) y diseccionó en grasa (GRib), músculo (MRib) y hueso (HRib). El LRib obtenida por imagen digital tuvo una alta asociación con el PRib ($r=0.84$) y una asociación moderada con los tejidos de la canal ($0.44 \leq r \leq 0.68$, $P < 0.05$). La PLt se correlaciono con el ARib y ARLt teniendo una $r= 0.46$ a 0.66 . Mientras que el ARLt obtuvo una relación similar con el WRib y Mrib ($r=0.70$), el ALt no registro alguna relación asociada con las variables evaluadas ($p>0.05$). El método de análisis de imagen de las secciones de las costillas 9^a-11^a podría utilizarse para la predicción de sus tejidos.

Palabra clave: Canal, Ovinos de pelo, fotografía digital

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the relationship between the tissue composition of rib section 9-11 and measurements by digital image analysis in hair sheep. Twenty hair lambs (6 months of age) were used. Before slaughter, the live weight (BW) of the animals was recorded. After slaughter, the carcass was placed under refrigeration for a period of 24 h at 1°C. The carcass was then divided along the dorsal midline into two halves and the intercostal space between the 9th and 11th rib was removed. Photographs of this section were taken of the length (LRib), and rib area (ARib), as well as the depth (DLt), width (Wlt) and area (ARLt) of the *longissimus thoracis* muscle. Subsequently section 9-11 was weighed (WRib) and dissected into fat (FRib), muscle (MRib) and bone (BRib). LRib obtained by digital imaging had a high association with WRib ($r=0.84$) and a moderate association with carcass tissues ($0.44 \leq r \leq 0.68$, $P < 0.05$). DLt correlated with ARib and ARLt having an $r = 0.46$ to 0.66 . While ARLt obtained a similar relationship with WRib and MRib ($r=0.70$), Wlt did not register any relationship associated with the variables evaluated ($P>0.05$). The image analysis method of the 9th-11th rib sections could be used for the prediction of their tissues.

Keyword: Carcass, Hair sheep, digital photography.

1.- Introducción

En las razas de ovejas de pelo, la disección de algunos cortes comerciales de la canal en sus principales componentes como son musculo, grasa y hueso, podrían usarse como predictores de la composición general del tejido de la canal (Escalante-Clemente et al., 2021). Esta técnica está siendo cada vez más utilizada debido a su bajo costo, de hecho, recientemente, se ha utilizado esta técnica para determinar la composición química corporal en ovinos de pelo (Sousa et al., 2020) y las características de la canal de ovinos Black Belly (Escalante-Clemente et al., 2021).

Por otro lado, las tecnologías de procesamiento de imágenes se han desarrollado rápidamente y pueden utilizarse de forma fiable para la caracterización cuantitativa del tamaño, la forma y la densidad de organismos u objetos. Así mismo, estas técnicas de análisis de imágenes digitales (ecografía, radiografía o tomografía computarizada) se han utilizado intensivamente en la ciencia animal para predecir la composición corporal, la clasificación de las canales y la evaluación de los rasgos de calidad de la carne. El uso de estas técnicas no invasivas y no destructivas, que evitan la disección de la canal (destrucción o partirlo a pedazos) o el análisis químico, se han tornado cada vez más interesantes para la industria de la carne (Olsen et al., 2017; Kucha et al., 2018). Así mismo, estudios sobre la calidad de la carne, han puesto la atención en las relaciones entre la cantidad de grasa intramuscular y la terneza, jugosidad, sabor y palatabilidad, ya que estos parámetros se han destacado como esenciales para la aceptabilidad por parte del consumidor (Font-i-Furnols et al., 2012).

Por lo tanto, en las razas de ovinos de pelo, no se han reportado el uso del análisis de imagen digital de cortes de la canal para predecir algunos de los rasgos de la canal de este tipo de ovinos. Por lo tanto, el objetivo de este estudio fue evaluar la relación entre mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla, sus características y composición tisular en ovinos Black Belly.

2 Antecedentes

En las razas ovinas de pelo, la disección de algunos cortes de la canal podría utilizarse como predictores de la composición tisular de la canal (Bautista-Díaz et al. 2020). No obstante, este tipo de investigaciones son limitadas. En este ámbito, en el caso de los bovinos, Hankins y Howe (1946) aplicaron fórmulas para calcular la composición de la canal basándose en las características de las secciones de las costillas 9ª a 11ª. Este método es comúnmente empleado por su bajo costo y ha sido probado en ganado *Bos indicus* y sus híbridos como medio para evaluar atributos de la canal y la composición química corporal (Prados et al. 2016; Silva et al. 2016). De hecho, este enfoque se ha aplicado recientemente para analizar la composición química del cuerpo en ovejas de pelo (Sousa et al. 2020).

En las últimas décadas, los estudios sobre las características de la carne y la calidad de la canal de los corderos se han realizado utilizando métodos instrumentales tradicionales como los análisis químicos y físicos (Hopkins et al., 2015; Silva et al., 2020). El análisis físico mediante disección completa es el método más utilizado para determinar la composición de la canal. Sin embargo, la disección es un proceso largo y costoso, que requiere mano de obra calificada, además, se devalúa la canal, y dicha actividad se asocia a inconsistencia e inestabilidad del producto (Teixeira et al., 2019; Araújo et al., 2020; Escalante-Clemente et al., 2022).

La falta de métodos prácticos, no destructivos, rápidos y confiables para evaluar la clasificación de las canales y las características de los cortes ha sido uno de los obstáculos para el desarrollo de sistemas de control de calidad en la industria cárnica (Teixeira et al., 2019; Araújo et al., 2020). Para superar estas dificultades, se han realizado diversos esfuerzos para desarrollar métodos rápidos, sencillos, objetivos y baratos de obtener mediciones de la canal y los tejidos o cortes (Teixeira et al., 2019; Araújo et al., 2020; Escalante-Clemente et al., 2022). Entre las técnicas antes mencionadas, el análisis de imágenes se ha utilizado en la ciencia animal para predecir composición corporal, la clasificación de las canales y la evaluación

de calidad de la carne (Batista et al., 2021). Sin embargo, en ovinos de las razas de pelo existen pocos estudios que han evaluado el análisis de imagen digital, por esta razón se pretende usar dicha técnica.

En las últimas décadas han surgido diferentes programas de software para el análisis de imágenes digitales que permiten medir y utilizar diversas imágenes para calcular una diversa cantidad de información de esta (áreas, longitudes, etc.). Lo anterior ofrece un método que resulta más accesible, rápido y preciso en comparación con las técnicas tradicionales actuales (Ferreira et al., 2009; Ramos-Ramos et al., 2024). De acuerdo con Yáñez et al. (2006) al elegir el método adecuado para calcular el área muscular de la sección 12-13 de la costilla, es clave considerar varios requisitos básicos, como la factibilidad, la facilidad para aplicar la evaluación en el matadero, el costo, la rapidez en la determinación y la exactitud cuando se emplean sistemas computarizados.

Por otro lado, el análisis digital de imágenes es un campo de la ingeniería que emplea procesadores para manipular y examinar los datos contenidos en imágenes digitales (González y Woods, 2018). Se basa en convertir una imagen (como una fotografía digital, ecografía, radiografía o tomografía computarizada) u otros tipos de datos en una secuencia de puntos o valores que pueden visualizarse y ser analizados en un ordenador.

El presente trabajo pretende realizar mediciones sobre imágenes digitales de cortes de la canal ovinos de pelo y evaluar la relación que existe entre la composición tisular estos cortes y eventualmente relacionarlos con la composición tisular de la canal. Así mismo desarrollar modelos de predicción para estimar la cantidad de tejidos en la canal (músculo, grasa y hueso). Anteriormente estas mediciones se realizaban en forma manual utilizando reglas, papel y lápiz. Sin embargo, actualmente los sistemas con análisis digital de imágenes permiten minimizar los errores o variaciones correspondientes a los operarios, lo cual es esencial para cumplir con las demandas del sector industrial. Sin embargo, la precisión y exactitud

pueden diferir según el peso y tamaño del animal que se sacrifique, por ello es necesario evaluar estas mediciones en animales de diferente sexo, raza y estado fisiológico.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

3. Justificación

El enfoque basado en el análisis de imagen de los cortes de la canal y su relación con la composición tisular puede ser un método rentable para determinar la cantidad y distribución de tejido en la canal de animales para consumo humano. Sin embargo, diversas investigaciones (Teixeira et al., 2019; Araújo et al., 2020; Batista et al., 2021) indican que no se ha realizado ningún estudio para correlacionar las medidas de las secciones de las costillas 9^a-11^a obtenidas a partir del software de código abierto Image J con su composición tisular en ovinos de pelo. Por lo tanto, en este trabajo se pretende evaluar la viabilidad del uso de teléfonos móviles a través de la cámara para evaluar algunas características de la sección de la costilla 9-11 de corderos Black Belly utilizando el análisis de imagen digital. Esta sección costal ha sido previamente evaluada como un buen predictor de la composición tisular de la canal en razas ovinas de pelo (Escalante-Clemente et al., 2021).

4. Preguntas de investigación

¿Las mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla tienen relación con sus características (peso) y su composición tisular (músculo, grasa y hueso) en ovinos de pelo?

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

5. Hipótesis

Las mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla tienen relación con sus características (peso) y su composición tisular (músculo, grasa y hueso) en ovinos de pelo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

6. Objetivos General

Evaluar la relación entre mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla, sus características y composición tisular en ovinos Black Belly.

.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

7. Objetivos específicos

Evaluar la relación entre la composición tisular de la sección 9-11 de la costilla y las medidas de esta sección (profundidad, amplitud y área del musculo *longissimus thoracis*, largo y área de la sección de la costilla) mediante análisis de imagen digital en ovinos de pelo.

Evaluar la relación entre la composición tisular de la sección 9-11 de la costilla y las medidas de esta sección (profundidad, amplitud y área del musculo *longissimus thoracis*, largo y área de la sección de la costilla) mediante análisis de imagen digital en ovinos de pelo.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

8. Metodología

8.1 Localización

El experimento se llevó a cabo en el taller de cárnicos de la División Académica de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, ubicada en el km 25 de la carretera Villahermosa-Teapa, Ranchería, la Huasteca, Villahermosa, Tabasco.

Se utilizaron 20 corderos machos enteros de la raza Black Belly (6 meses de edad), los cuales se obtuvieron del de una grana comercial dedicado al pie de cría de la raza y fueron trasladados al Centro de Integración Ovina del Sureste (CIOS). Los animales prevenían de un sistema de engorda intensiva y fueron alimentados con una dieta integral formulada para la engorda de estos animales.

8.2 Sacrificio de los animales

Los animales se sacrificaron, previo ayuno de 24 horas de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas (NOM-008-ZOO-1994, NOM-EM-09-ZOO-1994 y NOM-033-ZOO-1995); las cuales se basaron en especificaciones técnicas para la producción, cuidado y uso de animales de laboratorio; NOM-051-ZOO-1995, trato adecuado en la movilización de animales; y NOM-033-SAG / ZOO 2014, sacrificio humanitario de animales domésticos y salvajes. Los animales fueron sacrificados de acuerdo con la Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG / ZOO-2014, antes del sacrificio se registró el peso vivo (PV) de los animales. Después del sacrificio, la canal fue pesada (peso de la canal caliente, PCC) y luego se puso en refrigeración por un periodo de 24 h a 1°C. Posteriormente, se pesaron nuevamente (peso de la canal fría, PCF) y se dividió por medio de la línea media dorsal en dos mitades y se extrajo el espacio intercostal entre la 9 y 11 costilla (de un total de 13 pares de costillas) como describen Sousa *et al* (2020) y Escalante-Clemente *et al.*, (2021). Se tomaron

fotografías de esta sección y posteriormente, se pesó y disecciono en grasa, músculo y hueso.

8.3 Mediciones de la sección 9 y 11 costilla por análisis de imagen digital

Las Imágenes fueron tomadas con un teléfono móvil, iPhone 12 (Apple Inc., Cupertino, California, Estados Unidos) con cámara frontal. La cámara, integrada tiene una distancia focal de 26 mm, una apertura de f/2,4 y 12 megapíxeles. El teléfono móvil se montó en un soporte que le permitía moverse en dirección vertical y permanecer estable. La cámara se ajustó a una calidad estándar y las fotografías se tomaron 24 horas después del sacrificio. La distancia entre la cámara y la 9^a-11^a sección costal fue de 10 cm. Cada muestra se fotografió sobre una zona en blanco y se colocó una regla (15 cm) sobre el corte de carne para obtener la relación píxel:cm para el análisis secuencial de imágenes descrito por Chay-Canul et al. (2023). Las imágenes se almacenaron en una tarjeta flash USB y posteriormente se transfirieron a un PC. Se tomaron cinco fotografías de cada sección de las costillas 9^a-11^a. Las mejores imágenes se seleccionaron utilizando los criterios de que la sección costal 9^a-11^a debía estar dentro del área rectangular definida y que la imagen debía tener una buena resolución (clara y estable) según lo descrito por Chay-Canul et al. (2023). Las imágenes se procesaron utilizando el software ImageJ versión 1.54g (<https://imagej.nih.gov/ij/index.html>). Las mediciones registradas en las imágenes digitales se describen en la Figura 1. Además, las mediciones digitales se realizaron en diversos pasos. El primer paso consistió en establecer la escala píxel/cm convirtiendo los píxeles en unidades de cm mediante la regla presente en la imagen fotográfica; a continuación, se utilizó la herramienta de línea recta para calcular la longitud total de la costilla (Figura 1a, cm), la anchura y la profundidad del *longissimus thoracis* (Figura 1b, cm). Para la superficie costal total (figura 1c, cm²) se utilizó la herramienta de selección de polígonos. Para la zona del LT (figura 1d, cm²), se extrajeron imágenes del fondo y se ajustó el umbral para resaltarlas mediante el método de umbralización estándar, el cual es un método de procesamiento de imágenes que crea una imagen bitonal (también conocida como

binaria) basándose en la configuración de un valor umbral en la intensidad de píxeles de la imagen original. Aunque se aplica más comúnmente a imágenes en escala de grises, también puede aplicarse a imágenes en color. Por lo que la imagen coloreada se aprecia la zona del músculo costal.

Se tomaron fotografías de esta sección donde de forma digital del largo (LRib), y área de la sección 9-11 de la costilla (ARib), además de la profundidad (PLt), amplitud (ALt) y área (ARLt) del músculo *longissimus thoracis*. Posteriormente la sección 9-11 se pesó (PRib) y disecciono en grasa (GRib), músculo (MRib) y hueso (HRib).



Figura 1. Medidas registradas en las imágenes digitales de las secciones costales 9^a-11^a de ovinos. a) largo de la sección 9-11(LRib); b) profundidad (PLt) y amplitud (ALt) del músculo *longissimus thoracis*; c) área de la sección 9-11 de la costilla (ARib); d) área (ARLt) del músculo *longissimus thoracis*.

8.4 Análisis estadístico

Para determinar el grado de asociación entre las variables obtenidas para cada unidad experimental (animal), se utilizó una matriz de correlación, utilizando el coeficiente de Pearson como medida de la asociación. Para todos los cálculos y gráficos se utilizó el entorno de programación R (R Core Team, 2024), versión 4.0.0.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

9. Resultados

En el Cuadro 1 se presentan las estadísticas descriptivas de la composición tisular de la sección 9-11 de la costilla y mediciones por imagen digital. Largo sección 9-11, realizada con fotografía osciló entre 13.63 y 18.71 cm, mientras que para la amplitud del *I. thoracis* (Alt) osciló de 6.12 y 7.64 cm. Se observó, que el ARib y ARLt presentaron un coeficiente de variación (CV, %) de 15.83 %. Mientras que los pesos de los tejidos de la sección 9-11 de la costilla presentaron un CV de 55 a 70%.

Cuadro 1. Valores mínimos y máximo de las variables evaluadas.

Variable	Descripción	Media	DE	Mínimo	Máximo
Largo sección 9-11	LRib	16.24	1.40	13.63	18.71
Área sección 9-11	ARib	36.81	7.33	26.47	48.10
Alt	Alt	6.95	0.43	6.12	7.64
PLt	PLt	3.07	0.34	2.47	3.54
Área LT	ARLt	18.78	3.10	13.64	23.67
Peso sección 9-11	PRib	201.55	33.02	155.00	260.00
Musculo sección 9-11	MRib	98.25	18.94	65.00	135.00
Hueso sección 9-11	HRib	63.25	11.27	45.00	95.00
Grasa sección 9-11	GRib	35.50	17.24	15.00	70.00

DE: Desviación estándar

El LRib obtenida por imagen digital tuvo una alta asociación con el PRib ($r=0.84$) y una asociación moderada con MRib, GRib y HRib ($0.44 \leq r \leq 0.68$, $P < 0.05$). Mientras que el ARLt obtuvo una relación moderada con el PRib y MRib ($R=0.70$, $P < 0.05$), el ALT no registro alguna relación asociada con las variables evaluadas ($P > 0.05$) como se observa en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Coeficientes de correlación entre mediciones por análisis de imagen digital de la sección 9-11 de la costilla, sus características y su composición tisular (músculo, grasa y hueso) en ovinos de pelo.

	LRib	ALt	PLt	ARib	ARLt	PRib	MRib	HRib
LRib	1.00							
ALt	0.51	1.00						
PLt	0.22*	0.05*	1.00					
ARib	0.60	0.20*	0.46	1.00				
ARLt	0.59	0.20*	0.66	0.49	1.00			
PRib	0.84	0.36*	0.28*	0.50	0.70	1.00		
MRib	0.68	0.30*	0.14*	0.24*	0.70	0.76	1.00	
HRib	0.66	0.36*	0.13*	0.53	0.43*	0.66	0.37*	1.00
GRib	0.54	0.20*	0.31*	0.36*	0.36*	0.71	0.18*	0.30*

*no significativo

10. Discusión

Un proceso fundamental para determinar la calidad y el valor del animal en el momento del sacrificio es la evaluación de las características de la canal (Silva et al., 2021). En los últimos años, se ha trabajado para introducir consistencia, precisión, credibilidad y confianza en la evaluación del valor de la canal mediante la clasificación de la calidad de la canal basada en técnicas no destructivas de análisis de imagen (Silva et al., 2021). Aunque la tomografía computarizada y la absorciometría de rayos X de energía dual (DXA) han demostrado una gran capacidad para predecir la composición de la canal y del cuerpo en animales de granja, su uso está limitado por el alto costo y la complejidad de su aplicación (Tiera et al., 2003; Silva et al., 2021). Por otro lado, el potencial del uso de imágenes, un método de bajo costo para la predicción de rasgos de la canal no ha sido ampliamente explorado, particularmente para la evaluación de la canal de corderos (Silva et al., 2021).

El análisis digital de imágenes (AID), que se centra en segmentar, extraer y medir los objetos de interés en una imagen para obtener su información objetiva y así describir la imagen en términos de datos (Xu et al., 2024). En la ciencia de la carne, la AID se ha identificado como un método eficaz para evaluar el rendimiento de la canal de vacuno, determinar el color y el espesor de la grasa, la capacidad de retención de agua en la carne de vacuno y el grado de calidad comercial determinado por el nivel de marmoleo, que es una medida de la densidad de la distribución de la grasa en la región del ojo de la costilla (Tiera et al., 2023; Giaretta et al., 2018). En las últimas décadas, las técnicas de procesamiento de imágenes han avanzado significativamente debido a su capacidad para caracterizar propiedades físicas como el tamaño, la forma, el color y la textura en imágenes digitales. Las técnicas de procesamiento de imágenes en la industria alimentaria se utilizan desde hace mucho tiempo y se han aplicado como método de evaluación no destructiva de la calidad en diversos productos alimentarios (Du y Sun, 2004).

Tiera et al. (2003) con el objetivo de predecir el peso y el rendimiento de cortes enteros e individuales de pistola (corte preparado a partir del cuarto trasero una vez extraídos el flanco abdominal) a través de ecuaciones de regresión utilizando variables obtenidas mediante análisis de imagen del 12^o bife de costilla de bovinos, utilizaron el área total del bife de costilla (ATRC, cm²), el área del ojo de costilla (AOC, cm²), el porcentaje del área del ojo de costilla (AOC%), el espesor de la grasa (EG, mm), el área de la grasa (AG, cm²) y el porcentaje del área de la grasa (AG%) obtenidos a través del análisis de imagen. Concluyeron que la inclusión de los parámetros DIA resulta en la obtención de los modelos más apropiados, con valores de r² que oscilaron entre 0.84 y 0.87.

Tiera et al, (2003) concluyeron que existen pocos estudios que hayan reportado el uso del análisis de imagen de filetes retirados de la 12^a costilla para predecir el peso y rendimiento de cortes subprimales (Shackelford et al, 1998).

En este sentido, Shackelford et al (1998), utilizando las costillas 12^a y 13^a en vacuno, descubrieron que la única variable de análisis de imagen que explicaba la mayor proporción de variación en el rendimiento del producto al por menor era el porcentaje de magro (R² = 0,77). Mientras que la única variable de análisis de imagen que explicaba la mayor proporción de variación en el área del músculo *longissimus* de la costilla era el área magra total (R² = 0,85), por lo que llegaron a la conclusión que el análisis de imagen podría, ser utilizado por la industria de la carne de vacuno para predecir con mayor exactitud los pesos subprimales individuales (en términos de carne, un corte "subprimal" se refiere a una porción más pequeña de un corte "primario" (o "primal") de la res. Los cortes subprimales son divisiones más pequeñas dentro de los cortes primarios, que luego se pueden cortar en porciones individuales para la venta al por menor). A su vez, esta información y los precios adecuados podrían utilizarse para estimar con mayor precisión el valor de la canal.

Cross et al (1983) utilizaron el análisis de imagen para predecir la composición de la sección de costillas 9-10-11 de 44 canales de toros y bueyes y encontraron que el área total de grasa (cm² o porcentaje) medida por el DIA estaba altamente correlacionada con el porcentaje de magro y el porcentaje de grasa en la sección de las costillas 9-10-11. El área total de grasa también estaba correlacionada con el porcentaje de magro. El área total de grasa también se correlacionó con rasgos de la canal como el grosor real de la grasa ($r = 0,86$) y el área del ojo de la costilla ($r = -,33$) determinados por la DIA. Por lo tanto, estas ecuaciones de predicción, desarrolladas en secciones de costilla 9-10-11, sólo pretenden mostrar el potencial de DIA.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.

11. Conclusiones y recomendaciones

El LRib obtenida por imagen digital tuvo una alta asociación con el PRib ($r=0.84$) y una asociación moderada con MRib, GRib y HRib ($0.44 \leq r \leq 0.68$, $P < 0.05$). La PLt se correlaciono con el ARib y ARLt teniendo una $r= 0.46$ y 0.66 , respectivamente ($P<0.05$). Mientras que el ARLt obtuvo una relación similar con el PRib y MRib ($r=0.70$), el ALt no registro alguna relación asociada con las variables evaluadas ($P>0.05$)

El método de análisis de imagen de las secciones de las costillas 9^a-11^a podría utilizarse para la predicción de sus tejidos. La técnica puede ser un método viable para determinar la cantidad y distribución de los tejidos de la canal en animales destinados al consumo humano, basándose en el análisis de imagen de las características de la canal y su relación con la composición de los tejidos.

12. Referencias citadas

- Araújo, J. C., Lima, A. C. S., Nunes, M. P. M., Sousa, M. A. P., Serrão, G. X., Morais, E. C., ... & Silva, A. G. M. (2020). Relationships among carcass shape, tissue composition, primal cuts and meat quality traits in lambs: A PLS path modeling approach. *Small Ruminant Research*, 182, 52-66.
- Batista, A. C., Santos, V., Afonso, J., Guedes, C., Azevedo, J., Teixeira, A., & Silva, S. (2021). Evaluation of an image analysis approach to predicting primal cuts and lean in light lamb carcasses. *Animals*, 11(5), 1368.
- Bautista-Díaz, E., Mezo-Solís, J. A., Herrera-Camacho, J., Cruz-Hernández, A., Gomez-Vazquez, A., Tedeschi, L. O., .& Chay-Canul, A. J. (2020). Prediction of carcass traits of hair sheep lambs using body measurements. *Animals*, 10(8), 1276.
- Chay-Canul, A. J., González, J. T., Canul-Solís, J., Casanova-Lugo, F., Piñeiro-Vázquez, Á. T., Portillo-Salgado, R., & Vargas-Bello-Pérez, E. (2023). Predictive biometrics of hair sheep through digital imaging. *Veterinaria México OA*, 10.
- Cross, H. R., D. A. Gilliland, P. R. Durland, and S. G. Seideman. 1983. Beef carcass evaluation by use of a video image análisis system. *J. Anim. Sci.* 57:908-917.
- Du, C. J., & Sun, D. W. (2004). Recent developments in the applications of image processing techniques for food quality evaluation. *Trends in food science & technology*, 15(5), 230-249.
- Escalante-Clemente, S., Vázquez-Jiménez, S., López-Durán, S. K., Arcos-Alvarez, D. N., Arbez-Abnal, T. A., Piñeiro-Vazquez, Á. T., & Chay-Canul, A. J. (2022). Using the 9th–11th rib section to predict carcass tissue composition in Blackbelly sheep. *Italian Journal of Animal Science*, 21(1), 161-167.
- Ferreira, O. G. L., Rossi, F. D., & Andrighetto, C. (2009). Determinação de área foliar, índice de área foliar e área de olho de lombo através de imagens digitais. *Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia*, 46.

- Font-i-Furnols, M., Tous, N., Esteve-Garcia, E., & Gispert, M. (2012). Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science*, 91(4), 448-453.
- Giaretta, E., Mordenti, A. L., Canestrari, G., Brogna, N., Palmonari, A., & Formigoni, A. (2018). Assessment of muscle Longissimus thoracis et lumborum marbling by image analysis and relationships between meat quality parameters. *PLoS One*, 13(8), e0202535.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). Digital Image Processing, 4th, global edition, Pearson Education.
- Hankins, O. G., & Howe, P. E. (1946). *Estimation of the composition of beef carcasses and cuts* (No. 926). US Department of Agriculture.
- Hopkins, D. L., Gardner, G. E., & Toohey, E. S. (2015). Australian view on lamb carcass and meat quality—the role of measurement technologies in the Australian sheep industry. *Farm Animal Imaging—A Summary Report; Maltin, C., Craigie, C., Bünger, L., Eds*, 17-21.
- Kucha, C. T., Liu, L., & Ngadi, M. O. (2018). Non-destructive spectroscopic techniques and multivariate analysis for assessment of fat quality in pork and pork products: A review. *Sensors*, 18(2), 377.
- Olsen, E. V., Christensen, L. B., & Nielsen, D. B. (2017). A review of computed tomography and manual dissection for calibration of devices for pig carcass classification-Evaluation of uncertainty. *Meat science*, 123, 35-44.
- Prados, L. F., Zanetti, D., Amaral, P. M., Mariz, L. D. S., Sathler, D. F. T., Filho, S. V., & Chizzotti, M. L. (2016). Prediction of chemical rib section composition by dual energy X-ray absorptiometry in Zebu beef cattle. *Journal of Animal Science*, 94(6), 2479-2484.
- Ramos-Ramos, C., Zaragoza-Vera, C. V., Zaragoza-Vera, M., Torres-Chable, O., Barrientos-Medina, R. C., & Chay-Canul, A. (2024). Similarity of *longissimus thoracis* parameters and fat thickness measured by ultrasound and digital image analysis. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 11(3): e4226.

- R-Core Team, 2024. R: A Language and Environment for Statistical. Computing_. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- Shackelford, S. D., Wheeler, T. L., & Koohmaraie, M. O. H. A. M. M. A. D. (1998). Coupling of image analysis and tenderness classification to simultaneously evaluate carcass cutability, longissimus area, subprimal cut weights, and tenderness of beef. *Journal of Animal Science*, 76(10), 2631-2640.
- Silva, L. F. C., Valadares Filho, S. C., Rotta, P. P., Marcondes, M. I., Silva, F. F., Paulino, M. F., ... & Chizzotti, M. L. (2016). Prediction of body and carcass composition of beef cattle. *BRCORT E: Nutrient requirements of Zebu and crossbred cattle (BR-CORT E), Filho SCV, Silva C, Gionbelli MP, Rotta PP, Marcondes MI, Chizzotti ML, Prados LF. (Eds.), 3rd revised edition. Suprema Grafica Ltda, Vicosa, MG, Brazil*, 119-142.
- Silva, S. R., Almeida, M., Condotta, I., Arantes, A., Guedes, C., & Santos, V. (2021). Assessing the feasibility of using kinect 3D images to predict light lamb carcasses composition from leg volume. *Animals*, 11(12), 3595.
- Silva, S., Guedes, C., Rodrigues, S., & 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.
- Sousa, A. R., Campos, A. C. N., Silva, L. P., Bezerra, L. R., Furtado, R. N., Oliveira, R. L., & Pereira, E. S. (2020). Prediction of the chemical body composition of hair lambs using the composition of a rib section. *Small Ruminant Research*, 191, 106189.
- Sousa, A. R., Campos, A. C. N., Silva, L. P., Bezerra, L. R., Furtado, R. N., Oliveira, R. L., & Pereira, E. S. (2020). Prediction of the chemical body composition of hair lambs using the composition of a rib section. *Small Ruminant Research*, 191, 106189.
- Teira, G. A., Tinois, E., Lotufo, R. D. A., & Felício, P. E. D. (2003). Digital-image analysis to predict weight and yields of boneless subprimal beef cuts. *Scientia Agricola*, 60, 403-408.

- Teixeira, A., Silva, S., & Rodrigues, S. (2019). Advances in sheep and goat meat products research. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 87, pp. 305-370). Academic Press.
- Xu, Z., Han, Y., Zhao, D., Li, K., Li, J., Dong, J., ... & Bai, Y. (2024). Research progress on quality detection of livestock and poultry meat based on machine vision, hyperspectral and multi-source information fusion technologies. *Foods*, 13(3), 469.
- Yáñez, E. A., Ferreira, A. C. D., Medeiros, A. N., Pereira Filho, J. M., Teixeira, I. A. M. A., & Resende, K. T. D. (2006). Methodologies for ribeye area determination in goats. *Small Ruminant Research*, 66(1-3), 197-200.

Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
México.