

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Evaluación ecográfica del músculo longitudinal y del tejido subcutáneo en ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación

Por:

Ximena Joseline Molina Jimenez

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Evaluación ecográfica del músculo longitudinal y del tejido subcutáneo en ovinos
criados bajo diferente sistema de alimentación

Por:

Ximena Joseline Molina Jimenez

TESIS

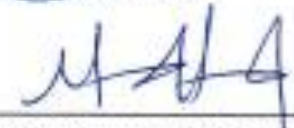
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


MC. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal suplente


MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS

Evaluación ecográfica del músculo longitudinal y del tejido subcutáneo en ovinos
criados bajo diferente sistema de alimentación

Por:

Ximena Joseline Molina Jimenez

TESIS

Presentado como requisito parcial para obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dr. Ramiro González Avalos
Asesor Principal



MC. Melisa Concepción Hermosillo Alba
Coasesor



MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



MVZ. Eric Alejandro Reyes Ramírez
Coordinador de la División Regional de Ciencia Animal



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, doy gracias a **Dios** por permitirme vivir cada etapa de mi vida; Él me ha guiado y dado la fortaleza para poder cumplir cada uno de mis sueños.

A **mis padres**, Jobani Molina Zafra y Obdulia Jiménez Nieves, quienes me han apoyado siempre; ellos me dan la fuerza y la motivación para no rendirme, siendo un apoyo infinito para poder culminar mis estudios.

A **mis hermanos**, Elda Jiménez, Alan Molina y Cyndi Molina, quienes me han motivado constantemente durante todo mi proceso.

A **mis asesores**, la M.C. Karla Quetzalli Ramirez Uranga y el Dr. Ramiro González Ávalos, quienes me ayudaron a resolver mis dudas durante la realización de esta investigación y por la confianza que me brindaron a lo largo de la carrera.

A **mis amigas**, Mayra Pérez Hernández, Cecilia Araujo Cruz y Mónica Jeanette Méndez Cervantes: les agradezco por siempre estar conmigo, por darme esa motivación para no rendirme y por ser parte de mi vida como estudiante foránea. Agradezco a Dios por ponerlas en mi camino y así formar nuestra pequeña "Familia Buitre".

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, agradezco enormemente a esta institución educativa por abrirme sus puertas y brindarme las herramientas necesarias para mi futuro.

DEDICATORIA

A mis padres Jobani Molina Zafra y Obdulia Jimenez Nieves

Quiero dedicar mi Tesis a mis padres quienes me han sabido formar con buenos valores y sentimientos, por todo su apoyo y confianza que tienen en mi quiero que observen que cada esfuerzo que hicieron no fue en vano, que se sientan orgullosos de lo que han logrado por que todo esto también es de ellos.

A mis hermanos por ser parte del proceso los quiero mucho.

A Dios por Darme la sabiduría para poder lograrlo.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	i
DEDICATORIA.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
RESUMEN.....	iv
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General	2
1.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Hipótesis	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Producción ovina a nivel mundial.....	3
2.1.1. Importancia económica de la producción ovina.....	6
2.1.2. Tendencia de producción y consumo en México - (carne).....	7
2.1.3. Sistemas de producción intensivos, extensivos y semi-extensivo en ovinos	8
2.1.4. Calidad de carne en ovinos.....	11
2.1.5. Fisiología del ovino – sistema digestivo.....	12
2.1.6. Ecografía en ovinos	16
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Ubicación geográfica	19
3.2. Diseño experimental	19
3.3. Manejo general.....	20
3.4. Variables	21
3.5. Análisis estadístico	22
4. RESULTADOS y discusión	24
4.1. Músculo longitudinal.....	24
4.2. Tejido subcutáneo	27
5. CONCLUSIONES	31
6. REFERENCIAS.....	32

RESUMEN

La producción ovina de carne es una actividad pecuaria de gran relevancia y rentabilidad, ya que los ovinos se adaptan a diferentes climas y transforman forrajes de baja calidad en músculo, por lo que la aplicación de tecnologías como la ecografía representa una alternativa para apoyar al productor en la toma de decisiones y en la selección de la canal en tiempo real. El objetivo de este estudio fue evaluar el músculo longitudinal y el tejido subcutáneo en ovinos mediante ecografía bajo diferentes sistemas de alimentación. Para ello, se trabajó con nueve ovinos mestizos distribuidos bajo un diseño en bloques completos al azar en tres tratamientos, diferenciados por la proporción de concentrado comercial (18 % de proteína) y heno de alfalfa: T1 (80 % concentrado y 20 % heno de alfalfa), T2 (50 % concentrado y 50 % de heno de alfalfa) y T3 (100 % heno de alfalfa). El músculo longitudinal y el tejido subcutáneo se midieron semanalmente entre la 12.^a y la 13.^a costilla, y los datos se analizaron mediante modelos lineales mixtos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el tejido subcutáneo ($P = 0.753$) ni para el músculo longitudinal ($P = 0.186$), aunque este último mostró una tendencia numérica de mayor desarrollo en las dietas con mayor proporción de concentrado. Las mediciones permitieron observar el desarrollo de los tejidos y aproximar la calidad de la canal de manera no invasiva, lo que confirma la utilidad de la ecografía como herramienta de apoyo en la toma de decisiones y en la selección de animales en las unidades de producción de ovinos de carne.

Palabras clave: Ecografía, Grasa, Ovino, Alimentación, Musculo

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Análisis químico nutricional de la dieta con 50 % de alfalfa y 50 % de concentrado.	20
Cuadro 2 Análisis químico nutricional de la dieta con 20 % de alfalfa y 80 % de concentrado.	21
Cuadro 3 Análisis químico nutricional de la dieta con 100 % de alfalfa.	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Rumen de ovino. Fuente: CEDVA SA (2022).	13
Figura 2 Sistema Digestivo del Ovino. Adaptado de Bevilacqua et al. (2025).	16
Figura 3 Imagen ecográfica obtenida entre la 12. ^a y 13. ^a costilla de un cordero Akkaraman, mostrando el espesor de grasa subcutánea (FT), el área del músculo Longissimus dorsi (LMA) y la profundidad del músculo Longissimus dorsi (LMD), utilizadas para la estimación in vivo de la composición de la canal. Adaptado de Sahin et al. (2008).	17
Figura 4 Suministro de alimento y agua a ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación. Fuente: elaboración propia.	20
Figura 5 Evaluación ecográfica para la determinación del espesor de tejido subcutáneo y músculo longitudinal en ovinos. Fuente: elaboración propia.	22
Figura 6 Espesor semanal del músculo longitudinal (mm) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias. Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra × Sem = interacción tratamiento × semana. Diferencias estadísticas se consideraron significativas cuando $P < 0.05$	25
Figura 7 Espesor semanal del tejido subcutáneo (mm) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias. Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra × Sem = interacción tratamiento × semana. Diferencias estadísticas se consideraron significativas cuando $P < 0.05$	28
Figura 8 Imagen ecográfica en escala de grises para la determinación del espesor del tejido subcutáneo y musculo longitudinal en ovinos. Fuente: elaboración propia.	30

1. INTRODUCCIÓN

Los ovinos son pequeños rumiantes con una gran capacidad para transformar forrajes de distintos tipos, incluso los de mala calidad, como la paja de cereales, los residuos y los subproductos agrícolas, ya que la oveja doméstica (*Ovis aries*) se originó en Europa y en las regiones frías de Asia, donde descende de animales del grupo de los antílopes de la era prehistórica y se domesticó y explotó de diferentes maneras desde hace más de diez mil años (Sáenz-García, 2007).

La producción nacional de carne de ovino alcanzó las 68,451 toneladas en 2023, lo que marcó un incremento del 1.8 % respecto al año anterior y superó el promedio de los últimos diez años, siendo los principales estados productores el Estado de México, con 9,447 toneladas, Hidalgo, con 6,853, y Veracruz, con 6,030 (SADER, 2023).

Los sistemas de producción de pequeños rumiantes como los ovinos son de gran importancia desde el punto de vista productivo en muchos países del mundo, ya que aportan materias primas como carne, lana y leche (Chávez-Espinoza *et al.*, 2021). La ovinocultura forma parte de un subsistema de los sistemas agrícolas o pecuarios y se estima como una alternativa rentable debido a la gran demanda y a los precios considerables que alcanzan sus productos (Pérez-Hernández *et al.*, 2011).

Los ovinos representan, además, una alternativa sostenible, ya que por su tamaño corporal no dañan ni compactan el suelo, y desde el punto de vista económico pueden constituir una fuente de ingresos en las zonas rurales y semiurbanas, pues permiten aprovechar diversos subproductos (Rodríguez-Carías, 2013).

La ecografía es una técnica que utiliza ondas de sonido y sus ecos para hacer visibles las estructuras internas del cuerpo, y por sus ventajas y por el valor agregado que aporta a los sistemas de comercialización se ha convertido en una de las herramientas más utilizadas por los veterinarios especializados para evaluar la composición cárnica en animales vivos (Duran y Trujillo, 2010).

En los sistemas extensivos es necesario contar con superficies amplias de terreno para que los ovinos se alimenten de forma semi-nómada, lo que reduce los costos de instalaciones y alimentación, aunque resulta en una menor producción (Aréchiga *et al.*, 2008).

1.1. Objetivo General

Evaluar el espesor de músculo longitudinal y tejido subcutáneo en ovinos mediante ecografía en diferentes sistemas de alimentación.

1.2. Objetivos Específicos

Evaluar el área y desarrollo del músculo longitudinal mediante ecografía en ovinos bajo diferentes sistemas de alimentación.

Determinar el espesor del tejido subcutáneo mediante ecografía en ovinos bajo diferentes sistemas de alimentación.

1.3. Hipótesis

En los sistemas de alimentación con mayor proporción de concentrado, los ovinos presentarán un mayor desarrollo del músculo longitudinal y del tejido subcutáneo, evaluados mediante ecografía.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción ovina a nivel mundial

La ovinocultura tiene gran importancia a nivel mundial, especialmente en la alimentación de la humanidad y en los recursos financieros de las poblaciones rurales, ya que se trata de una especie con gran capacidad de adaptación a diferentes tipos de climas (Figueredo-Basulto y Iser del Toro, 2005). La cantidad de ovinos a nivel mundial es de aproximadamente 1,052 millones, donde Australia cuenta con el mayor número, al producir 119.6 millones de subproductos, aunque en las zonas tropicales de América la carne de ovino representa la mayor producción en comparación con la leche o la lana (Orona *et al.*, 2014).

Los ovinos tienen una gran capacidad de adaptación a condiciones áridas y semiáridas, de la misma forma que pueden consumir una variedad de vegetación o forrajes de baja calidad, ya que cuentan con un metabolismo muy eficiente, lo cual representa una ventaja para las zonas donde solo existe disponibilidad de forraje de baja calidad (Timaure *et al.*, 2015).

Los pequeños rumiantes como cabras y ovejas cumplen un papel importante a nivel mundial, ya que son considerados adecuados para el medio ambiente y representan una alternativa de recursos para las comunidades rurales, por lo que se espera un aumento en la producción de leche de un 30 a un 50 % para el año 2030 (Pulina *et al.*, 2017). La producción ovina, analizada desde el enfoque de agroecosistema a nivel de granja, debe garantizar la autosuficiencia en la generación de insumos alimenticios, energéticos, económicos y de mano de obra, ya que su objetivo es

producir bienes que satisfagan las necesidades del productor y su familia (Vilaboa-Arroniz *et al.*, 2006).

Existe una problemática que inquieta a la producción ovina en cuanto a la demanda insatisfecha y la ineficiencia productiva, ya que hay un precio considerable en todo lo derivado del ovino, mientras que la ovinocultura en México la sostienen los productores de menores recursos económicos y apartados de la tecnología y la asistencia técnica (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021).

El consumo per cápita en México es de aproximadamente 1 kg por persona al año, cifra considerablemente inferior al consumo de carne de res, cerdo y pollo, de modo que la demanda de carne ovina es relativamente baja y la producción nacional no alcanza para satisfacer el mercado interno, por lo que alrededor del 60 % del consumo se cubre mediante la importación de carne en canal proveniente de diversos países (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2018).

La rentabilidad de los sistemas de producción semiintensivos e intensivos implica afrontar retos económicos, sanitarios, ambientales y de bienestar animal, por lo que es fundamental mejorar el manejo de ovejas y cabras de alto rendimiento para garantizar la eficiencia y el equilibrio productivo (Simoes *et al.*, 2021). La sostenibilidad de los sistemas extensivos de producción ovina y caprina está estrechamente vinculada al incremento de su eficiencia y rendimiento en la obtención de carne, leche y lana, ya que estos sistemas afrontan importantes retos, entre los que destacan el compromiso con el medio ambiente y la viabilidad de la producción a largo plazo (Silva *et al.*, 2022a).

En la actualidad se han logrado avances importantes en el manejo de la ovinocultura, aunque todavía persisten diversos campos de estudio que necesitan mayor atención para alcanzar niveles óptimos en el sector pecuario, pues estas mejoras se han vuelto cada vez más necesarias ante el desafío de satisfacer la demanda de productos de origen animal (Candelaria-Martínez *et al.*, 2015).

Las investigaciones muestran que existen variaciones tanto en las maneras de criar ovinos como en los beneficios que las familias obtienen de esta actividad, por lo que, para distinguir los distintos sistemas productivos, se deben considerar algunos aspectos, como el tipo de explotación y la ubicación geográfica, con el fin de facilitar su análisis y así poder implementar estrategias de desarrollo para la producción (Vázquez-Martínez *et al.*, 2018).

La ovinocultura establecida en pastoreo constituye una actividad clave en las zonas de clima subtropical a nivel mundial, ya que aporta beneficios tanto económicos como ambientales en estas regiones, aunque el nivel de producción se encuentra por debajo de su verdadero potencial, principalmente por el poco conocimiento sobre estrategias adecuadas de alimentación para corderos, así como por el deficiente control de las parasitosis gastrointestinales (Poli *et al.*, 2020).

La ovinocultura en localidades de Puebla y Tlaxcala, en la región central de México, presenta diferencias en el tamaño de las explotaciones, en las características socioeconómicas de los productores, así como en la generación de insumos agrícolas y en la producción de corderos, por lo que las unidades productivas se clasifican en tres categorías: sistemas familiares de autoconsumo, sistemas mixtos y sistemas extensivos de montaña (Vázquez-Martínez *et al.*, 2018).

2.1.1. Importancia económica de la producción ovina

La producción ovina se considera un subsistema de los sistemas pecuarios y, por lo tanto, una actividad secundaria donde se presentan ineficiencias en manejo, recursos y tecnología, por lo que es de suma importancia contar con programas de apoyo y asesoría técnica, ya que la ovinocultura es una alternativa rentable por los precios considerables en el mercado y por la alta demanda (Pérez *et al.*, 2018).

En ciclos productivos menores a un año se muestra que la engorda de corderos en corral puede ser una actividad rentable, al alcanzar una tasa de retorno contable superior al 35 % anual, aunque este resultado depende en gran medida de los parámetros técnicos que se logren durante el proceso de engorda (Camacho-Ronquillo *et al.*, 2018).

Debido a su reducido tamaño corporal, su buena capacidad productiva y su rápido crecimiento, las ovejas resultan muy adecuadas para los sistemas de producción manejados por pequeños productores con recursos limitados, además de que tienen la capacidad de adaptarse a diversos tipos de climas, y otra de sus ventajas es que requieren una menor inversión económica, ya que pueden alimentarse principalmente de pastizales y de residuos derivados de producciones agrícolas (Qtaishat *et al.*, 2012).

El mercado de los ovinos presenta un gran potencial debido a la demanda existente y a los precios favorables, lo que permite sostener sistemas de producción ovina con fines comerciales, reemplazando parcialmente la ganadería bovina y

aprovechando las superficies que no se utilizan para el cultivo de maíz durante siete meses del año (Morales-Morales *et al.*, 2004).

La integración entre los cultivos y la producción ovina se relaciona con las prácticas de conservación, ya que el uso de estiércol reduce la necesidad de aplicar fertilizantes químicos, mientras que factores sociales como la edad y el nivel de escolaridad no influyen en la productividad ovina, aunque su eficiencia económica está vinculada al uso de mano de obra familiar, de modo que, si bien la producción ovina no constituye la principal fuente de ingresos, forma parte importante de la economía del hogar, pues funciona como un mecanismo de seguridad financiera que difícilmente puede ser reemplazado por otras actividades (Hernández-Valenzuela *et al.*, 2019).

En varias regiones del país se han identificado esquemas de producción más intensivos, caracterizados por la incorporación de tecnologías innovadoras, así como por el establecimiento de pasturas mejoradas y la aplicación de estrategias de suplementación alimentaria para los animales (Camargo-Debortoli *et al.*, 2021).

Esta actividad se ha consolidado como una fuente de alimento y un medio tradicional de sustento para los habitantes de las zonas rurales, lo que aporta a la seguridad alimentaria (Mestra-Vargas *et al.*, 2019).

2.1.2. Tendencia de producción y consumo en México - (carne)

En México la producción de carne de ovino es baja, por lo que no cubre la demanda de la población, y aun en los lugares donde se encuentra una mayor explotación de

ovinos se pueden hallar deficiencias debido a un menor nivel de tecnología en la producción (Hernández-Cortazar *et al.*, 2014).

Existen varios tipos de consumidores agroindustriales con características específicas relacionadas con los pequeños rumiantes, particularmente en lo referente a la carne destinada a la preparación de barbacoa y birria, así como a la comercialización en canal o en cortes (Mondragón-Ancelmo *et al.*, 2018).

Para los consumidores, la carne ovina es considerada un alimento con cualidades sensoriales distintivas, ya que proviene de animales percibidos como más saludables en comparación con otras especies y que mantiene rasgos tradicionales en su producción y consumo (Alanis *et al.*, 2022).

En el año 2022, la producción de carne ovina en canal en México alcanzó 67,235 toneladas, obtenidas a partir de un inventario aproximado de 8.7 millones de animales en pie dentro de la producción nacional, donde el Estado de México ocupó el primer lugar, al aportar el 13.7 % del total, seguido por Hidalgo con el 10 %, Veracruz con el 8.8 %, Jalisco con el 7.5 %, Puebla con el 6.7 %, Zacatecas con el 6.6 %, Tlaxcala con el 4.6 %, San Luis Potosí con el 4.5 %, Oaxaca con el 3.7 % y Guanajuato con el 3.6 % de la producción nacional (Rebollar-Rebollar *et al.*, 2024).

2.1.3. Sistemas de producción intensivos, extensivos y semi-extensivo en ovinos

Los ovinos fueron una de las principales especies para la domesticación, ya que tienen un tamaño corporal pequeño que da ventaja para un buen manejo, además

de un carácter social apto y obediente, y otras de sus ventajas son la pubertad, la madurez y una alta reproducción temprana (Mitra y Rude, 2020).

La mayoría de los sistemas de producción ovina están destinados a la obtención de carne, especialmente de cordero de mayor peso en promedio, donde los hatos están integrados por alrededor de 33 animales, y únicamente el 17 % de los productores obtiene la totalidad de sus ingresos de esta actividad, mientras que el 29 % percibe más de la mitad y el 55 % menos del 50 %, además de que el 67 % de los productores maneja a sus animales mediante pastoreo durante el día y resguardo nocturno, y el 94 % cuenta con instalaciones básicas o rústicas, mientras que solo el 6 % dispone de algún nivel de tecnificación (Castillo-Hernández *et al.*, 2025).

La producción intensiva de corderos no solo considera factores como la nutrición, la genética, el crecimiento y el manejo del ganado, sino también otros elementos importantes, entre los que destaca la aplicación de un programa de sanidad que permita disminuir los niveles de mortalidad y fortalecer la bioseguridad en la unidad productiva, además de que es fundamental contar con instalaciones apropiadas que brinden comodidad y ayuden a mejorar el bienestar animal, de manera que se logre reducir al mínimo el estrés en los corderos y con ello optimizar la producción (Martínez, 2023).

Las unidades de producción con mayor extensión de terreno generalmente manejan sistemas productivos más extensivos, al utilizar cabras con baja o mediana producción de leche o al combinarlas con otras especies como bovinos, porcinos u ovinos (Castel *et al.*, 2003).

En México, la producción ovina se desarrolla principalmente bajo sistemas extensivos y de traspatio, aunque también existen unidades de producción que operan con esquemas intensivos, los cuales se caracterizan por contar con un mayor grado de tecnificación, entre cuyas características destacan el uso de instalaciones automatizadas y equipo especializado, además del empleo de maquinaria para facilitar el manejo y procesamiento de los insumos (Lara-Rivera *et al.*, 2024).

El manejo de los ovinos se lleva a cabo de manera tradicional, ya que los animales se mantienen en corrales rústicos de forma circular, contruidos con piedras y sin cubierta, los cuales no poseen dimensiones adecuadas según la cantidad de animales presentes y se utilizan principalmente para alojarlos durante la noche, cuando regresan del pastoreo (Poma *et al.*, 2021).

Los sistemas de producción ovina se desarrollan principalmente en pastizales naturales y zonas marginales donde los animales aprovechan recursos forrajeros mediante el pastoreo extensivo, no obstante, la disminución en la disponibilidad y calidad de estos recursos, derivada de factores como la sobrecarga animal y la variabilidad estacional, ha impulsado la implementación de estrategias complementarias, incluyendo el cultivo de forrajes, el aprovechamiento de residuos agrícolas y la adquisición de alimentos externos, con el fin de sostener la productividad y mejorar la rentabilidad de las unidades de producción (Silva *et al.*, 2022b).

Los sistemas ganaderos extensivos, cuando se manejan de manera correcta, buscan mantener un balance entre la producción y la conservación de los recursos, lo cual se logra mediante el ajuste de la carga animal de acuerdo con la disponibilidad de los recursos naturales, especialmente el forraje presente en el área de pastoreo (Martin-Bellido *et al.*, 2001).

2.1.4. Calidad de carne en ovinos

La calidad de la carne de ovino se reflejará de acuerdo con el manejo que se le otorgue, por lo que también depende de la raza, la genética, la alimentación y la edad, entre otros componentes (Hernández-Guzman *et al.*, 2023).

Las industrias de la carne suelen preferir animales jóvenes y con buena conformación corporal, ya que esto asegura un adecuado rendimiento y una carne más tierna, lo cual resulta atractivo para el consumidor, de modo que, para alcanzar los estándares de calidad requeridos, es indispensable llevar a cabo evaluaciones constantes, así como desarrollar estudios comparativos entre razas, sistemas de alimentación y procesos tecnológicos a nivel global, pues los consumidores demandan carne con bajo contenido graso, pero con suficiente infiltración para conservar la jugosidad y el sabor (Cruz-Monterrosa *et al.*, 2012).

En México el consumo de carne ovina se asocia tradicionalmente con un platillo típico llamado barbacoa, aunque también existen productores que se enfocan en la venta de carne en cortes específicos y de calidad, dirigidos a un mercado más especializado, por lo que, para satisfacer las exigencias de calidad de este sector, es fundamental realizar evaluaciones de la carne, así como comparaciones entre

distintas razas y sistemas de alimentación, con el fin de identificar qué fenotipo ofrece mejores características (Ramírez-López y Coronado-Minjarez, 2017).

La castración en ovinos genera efectos favorables en distintos parámetros de la producción, ya que los corderos castrados adquieren una mayor ganancia diaria de peso que los enteros, lo que indica un crecimiento más eficiente con una menor inversión de energía en conductas reproductivas y un mayor aprovechamiento de nutrientes para el desarrollo muscular, además de que la castración mejora algunas características de la canal, donde se puede observar un menor espesor de grasa dorsal y una tendencia a un mayor tamaño del músculo del lomo (Shahab-Ur Rehman *et al.*, 2024).

2.1.5. Fisiología del ovino – sistema digestivo

El aparato digestivo constituye un sistema complejo e interrelacionado cuya función principal es convertir los alimentos en compuestos que el organismo pueda utilizar, así como distribuir los nutrientes indispensables para su correcto funcionamiento, para lo cual intervienen de manera coordinada los movimientos musculares, la secreción de enzimas, el transporte especializado a nivel epitelial y una regulación neuroendocrina sofisticada, de manera que, una vez finalizado el proceso digestivo, la mayoría de los nutrientes se absorben en el intestino delgado a través de mecanismos que dependen de su tipo, ya sean carbohidratos, proteínas, lípidos, vitaminas, minerales o agua (Beltran-Osorio *et al.*, 2025).

Gracias a las características especiales de su sistema digestivo, los rumiantes tienen la capacidad de utilizar los polisacáridos presentes en los forrajes, lo cual es

posible debido a la actividad enzimática de microorganismos como bacterias, protozoarios y hongos que habitan de forma permanente en el rumen, los cuales, mediante procesos de fermentación anaerobia, transforman los compuestos en nutrientes aprovechables, de modo que como resultado se produce energía metabolizable que el animal puede utilizar para sus funciones vitales y, además, se sintetizan aminoácidos y vitaminas del complejo B indispensables para su desarrollo, por lo que en conjunto estos procesos permiten que el rumiante aproveche eficientemente su dieta fibrosa (González-Lozano *et al.*, 2025).



Figura 1 Rumen de ovino. Fuente: CEDVA SA (2022).

El sistema digestivo del ovino está compuesto por cuatro compartimentos, el retículo, el rumen, el omaso y el abomaso, lo que lo convierte en un animal rumiante, además de la boca, el esófago, el estómago, el intestino delgado, el intestino grueso y el ano, de manera que es en el rumen donde ocurre la fermentación de los alimentos (Nasrin-Sultana *et al.*, 2021).

Gutiérrez-Borroto (2015) menciona que en la fisiología digestiva de los rumiantes, bajo distintos tipos de alimentación, ocurren complejos fenómenos digestivos, por

lo que es importante manejar una dieta correcta para obtener una mejor ganancia de peso.

En el sistema digestivo del rumiante, principalmente en el rumen-retículo, habitan microorganismos como bacterias, hongos y protozoos, los cuales se encargan de digerir la gran mayoría de los nutrientes, entre los que se encuentran carbohidratos complejos que forman parte de la pared celular de las plantas (Méndez-Argüello *et al.*, 2014).

Los aspectos científicos sobre el anabolismo y el catabolismo de los nutrientes muestran que, en los rumiantes, la absorción de glucosa a nivel intestinal es bastante limitada, por lo que la microbiota del rumen tiene un papel clave en la transformación, el aprovechamiento y la síntesis de los diferentes monómeros bioquímicos, los cuales son fundamentales en procesos como la glucogénesis y la proteogénesis, de manera que todos estos mecanismos metabólicos permiten entender cómo el animal mantiene su equilibrio interno (Arias-Islas *et al.*, 2020).

La oveja tiene una gran capacidad para aprovechar el pasto, incluso en sobrepastoreo, por lo que es fundamental manejar cuidadosamente el sistema de pastoreo, realizando una adecuada rotación de potreros y ajustando la carga animal, de manera que se deje un residuo suficiente que favorezca el rebrote de las especies vegetales (Candelaria-Martínez *et al.*, 2015).

Bugarín-Prado *et al.* (2021) mencionan que el desempeño productivo de los animales puede mejorar mediante el uso de aditivos en la dieta o la aplicación de distintas estrategias de alimentación, ya que se conoce que la ganancia de peso

está condicionada por el potencial genético del animal, así como por factores fisiológicos y nutricionales, aunque la energía representa un elemento fundamental en los rumiantes, pues interviene en el desarrollo corporal.

Ganzábal (1997) menciona que la suplementación con alimentos concentrados es una estrategia para corregir de manera rápida las deficiencias en la cantidad del alimento disponible, lo cual resulta especialmente útil ante situaciones de escasez de forraje o cuando se busca ajustar el sistema productivo con el fin de maximizar la rentabilidad.

Aun cuando los ovinos tienen las características de rusticidad y resistencia, el estrés calórico representa de manera natural una desventaja, ya que provoca cambios metabólicos y fisiológicos que repercuten de forma negativa en la producción (Barragán-Sierra *et al.*, 2021).

Las ovejas híbridas son más productivas y ofrecen mayores beneficios económicos para el crecimiento de la industria de cría de ovejas de carne, por lo que es fundamental mejorar el rendimiento de crecimiento y la calidad de su carne, aunque tienen necesidades nutricionales relativamente altas y deben contar con una dieta suplementaria que incluya la adición de granos de destilería para favorecer su crecimiento y desarrollo (Zhang *et al.*, 2021).

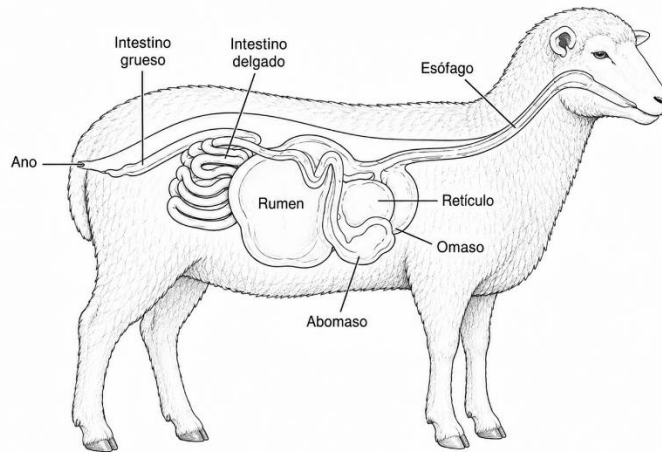


Figura 2 Sistema Digestivo del Ovino. Adaptado de Bevilacqua et al. (2025).

2.1.6. Ecografía en ovinos

Las técnicas de ultrasonido en tiempo real se han utilizado desde la década de 1950 para la evaluación in vivo de características de la canal, constituyendo una herramienta no invasiva para estimar parámetros relacionados con la composición corporal y la calidad de la carne en diversas especies de interés zootécnico (Houghton y Turlington, 1992).

La ecografía es una técnica basada en la emisión y recepción de ondas ultrasónicas para generar imágenes internas del cuerpo, cuyo nombre proviene del griego "eco", sonido reflejado, y "grafía", representación, de manera que cuando los ultrasonidos rebotan en tejidos densos, como el hueso, producen una imagen blanca, conocida como hiperecogénica, mientras que en fluidos o tejidos generan una imagen negra,

clasificada como anecogénica, por lo que una ecografía se observará en una escala de grises que depende de las características del tejido (Bidinost,1999).

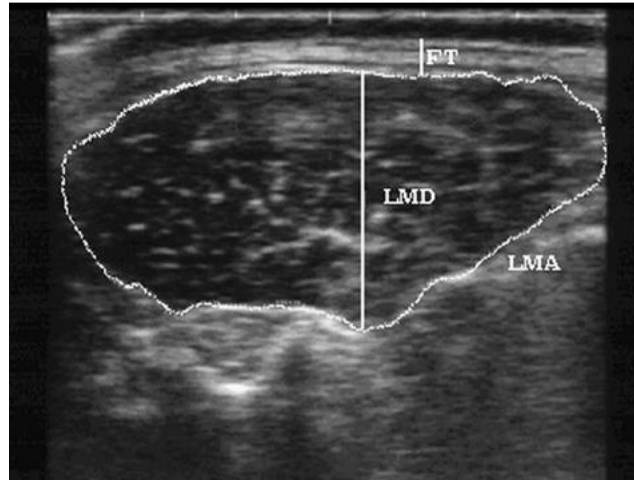


Figura 3 Imagen ecográfica obtenida entre la 12.^a y 13.^a costilla de un cordero Akkaraman, mostrando el espesor de grasa subcutánea (FT), el área del músculo Longissimus dorsi (LMA) y la profundidad del músculo Longissimus dorsi (LMD), utilizadas para la estimación in vivo de la composición de la canal. Adaptado de Sahin et al. (2008).

La ecografía es una técnica no invasiva y segura para los ovinos, que permite observar diferentes órganos de manera rápida (Castillo-Hernández *et al.*, 2022). Los componentes del equipo de ecografía incluyen una unidad de procesamiento o generador, que es una caja donde se procesan los impulsos electrónicos que se envían al transductor o sonda, siendo esta la parte más importante y, por lo tanto, la más costosa, ya que cuenta con cristales piezoeléctricos que son los que generan el sonido (Yolanda-Trillo, 2018).

La ecografía es una herramienta que ayuda al productor a seleccionar la calidad y la cantidad de conversión alimenticia que el ovino produce durante sus diferentes etapas de alimentación, lo cual garantiza que se seleccionen las mejores razas de

acuerdo con su potencial de producción cárnica, además de que permite una evaluación previa de los ovinos para abasto, en la que se observa la calidad de la carne (Duran *et al.*, 2011).

Esta técnica puede representar las particularidades de la canal en ovinos de carne o de pelo, y desde el punto de vista práctico es una medición más rápida y precisa, lo que resulta en un fácil registro y manejo del animal (Sosa-Garduza *et al.*, 2007). Es una tecnología en rápido avance y se encuentra entre los sistemas de imagen más utilizados en la práctica clínica, así como en investigaciones experimentales, ya que permite la visualización en tiempo real de órganos internos, tejidos y estructuras, pues las imágenes ecográficas reflejan el patrón de ecos devueltos por los tejidos y órganos (Meinecke, 2016).

A pesar de que el uso de ecografías se aplica generalmente en pequeños rumiantes para el diagnóstico de gestación, cabe destacar que tiene un gran potencial en el manejo de los ovinos de carne, por lo que es necesario realizar más investigación para que los profesionales cuenten con el conocimiento necesario para aprovechar al máximo esta herramienta, ya que es muy poco utilizada (Crilly *et al.*, 2017).

Scott (2016) menciona que la ecografía es una herramienta de imagen no invasiva para evaluar el tamaño, la forma y la textura de diversos órganos, y que las mediciones ecográficas de grasa dorsal y músculo se utilizarán cada vez más, durante las próximas décadas, en la selección genómica de ovinos de razas cárnicas.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

El estudio se realizó del mes de mayo a junio de 2025, en la unidad experimental del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna (UAAAN-UL), la cual se encuentra ubicada en las coordenadas geográficas 25°33'23"N 103°22'15"W con una altura de 1120 m. Durante el periodo experimental, las condiciones ambientales del lugar se caracterizaron por temperaturas cálidas y baja humedad relativa, propias de la región durante los meses de mayo y junio. La temperatura ambiente promedió alrededor de 24 °C por la mañana y 39 °C por la tarde, mientras que la humedad relativa fue de aproximadamente 41 % por la mañana y 14 % por la tarde.

3.2. Diseño experimental

El estudio se llevó a cabo bajo un diseño en bloques completos al azar, en el que se utilizaron nueve ovinos mestizos agrupados en bloques con base en su peso vivo (rango promedio de 18 a 19 kg), de manera que dentro de cada bloque los animales se asignaron aleatoriamente a uno de los tres tratamientos alimenticios, con tres animales por tratamiento ($n = 3$) y considerando a cada ovino como una unidad experimental independiente. Los tratamientos se diferenciaron por la proporción de concentrado comercial (18 % de proteína) y heno de alfalfa en la dieta, de modo que el tratamiento T1 consistió en 80 % de concentrado y 20 % de heno de alfalfa, el tratamiento T2 en 50 % de concentrado y 50 % de heno de alfalfa, y el tratamiento T3 en 100 % de heno de alfalfa, ajustándose las proporciones de cada dieta

semanalmente en función del 8 % del peso vivo de cada animal, con el fin de asegurar una alimentación acorde con sus requerimientos nutricionales.

3.3. Manejo general

Los ovinos se alojaron de manera individual en corrales de metal previamente desinfectados, en los que se les administró alimento y agua fresca dos veces al día (7:00 y 16:00 h), mientras que la desinfección de los corrales se llevó a cabo diariamente por la mañana mediante aspersión con un desinfectante comercial (AnimalCare®).



Figura 4 Suministro de alimento y agua a ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación. Fuente: elaboración propia.

Cuadro 1 Análisis químico nutricional de la dieta con 50 % de alfalfa y 50 % de concentrado.

Componente	Valor
MS (%)	93.25
PC	18.07
CEN	7.74
FC	9.38
FDA	23.07
FDN	35.01
CNF	40.73
EE	2.64

MS = materia seca; PC = proteína cruda; CEN = cenizas; FC = fibra cruda; FDA = fibra detergente ácida; FDN = fibra detergente neutra; CNF = carbohidratos no fibrosos; EE = extracto etéreo.

Cuadro 2 Análisis químico nutricional de la dieta con 20 % de alfalfa y 80 % de concentrado.

Componente	Valor
MS (%)	92.54
PC	18.46
CEN	7.63
FDA	20.70
FDN	30.97
CNF	45.07
EE	2.77

MS = materia seca; PC = proteína cruda; CEN = cenizas; FC = fibra cruda; FDA = fibra detergente ácida; FDN = fibra detergente neutra; CNF = carbohidratos no fibrosos; EE = extracto etéreo.

Cuadro 3 Análisis químico nutricional de la dieta con 100 % de alfalfa.

Componente	Valor
MS (%)	94.65
PC	15.13
CEN	8.08
FDA	36.42
FDN	49.93
CNF	26.10
EE	1.68

MS = materia seca; PC = proteína cruda; CEN = cenizas; FC = fibra cruda; FDA = fibra detergente ácida; FDN = fibra detergente neutra; CNF = carbohidratos no fibrosos; EE = extracto etéreo.

3.4. Variables

Las variables evaluadas fueron el espesor del músculo longitudinal y el espesor del tejido subcutáneo, medidos mediante ecografía. Para la medición del músculo longitudinal, cada ovino fue sujetado y el transductor del ecógrafo se colocó en la región intercostal, entre la 12.^a y la 13.^a costilla, donde la imagen se representó en

la pantalla del equipo, mientras que el tejido subcutáneo se midió de la misma manera y en la misma región anatómica, ambas mediciones se realizaron con un ecógrafo Chison ECO 3 Expert®. Todas las evaluaciones fueron realizadas por el mismo observador capacitado, bajo condiciones ambientales y de manejo consistentes, con el fin de garantizar la uniformidad de las mediciones durante todo el periodo experimental.



Figura 5 Evaluación ecográfica para la determinación del espesor de tejido subcutáneo y músculo longitudinal en ovinos. Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis estadístico

Los datos de músculo longitudinal y tejido subcutáneo se analizaron mediante modelos lineales mixtos, con el fin de considerar las mediciones repetidas en el tiempo realizadas dentro de cada individuo. Los modelos incluyeron el tratamiento (T1, T2 y T3), el tiempo y su interacción tratamiento $\times$ tiempo como efectos fijos.

Para todas las variables evaluadas, el tiempo se consideró como semana de evaluación (cinco semanas). Cada individuo se incluyó como efecto aleatorio para considerar la variabilidad individual entre sujetos.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + W_j + (T \times W)_{ij} + S_k + \varepsilon_{ijk}$$

donde Y_{ijk} corresponde a la variable de respuesta (músculo longitudinal o tejido subcutáneo), μ es la media general, T_i es el efecto fijo del tratamiento (T1, T2 y T3), W_j es el efecto fijo del tiempo (semana), $(T \times W)_{ij}$ es la interacción tratamiento $\times$ tiempo, S_k es el efecto aleatorio del individuo y ε_{ijk} es el error residual.

Los modelos se ajustaron mediante el método de máxima verosimilitud restringida (REML). Se obtuvieron medias marginales estimadas para el efecto de tratamiento y para la interacción tratamiento $\times$ tiempo, y las comparaciones por pares se realizaron utilizando el ajuste de Bonferroni. La significancia estadística se declaró cuando $P < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el paquete estadístico SPSS (versión 25; IBM Corp., Armonk, NY, EUA).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Músculo longitudinal

El espesor del músculo longitudinal mostró una tendencia de incremento a lo largo de las semanas en los tres tratamientos (Figura 6). No se detectó un efecto significativo del tratamiento ($P = 0.186$), ni del tiempo ($P = 0.125$), ni de la interacción tratamiento $\times$ semana ($P = 0.822$), lo que indica que los cambios observados fueron similares entre los grupos durante el periodo experimental. Durante la semana 1, el grupo T1 presentó un valor promedio de 17.6 mm, mientras que T2 registró 15.9 mm y T3 16.3 mm. En la semana 2, los valores fueron de 17.8 mm en T1, 16.7 mm en T2 y 15.4 mm en T3. Para la semana 3, se observaron incrementos en T1 (20.2 mm) y valores de 17.5 mm en T2 y 16.8 mm en T3. En la semana 4, T1 presentó 20.4 mm, T2 alcanzó el valor más alto con 22.3 mm y T3 registró 18.1 mm. Finalmente, en la semana 5, los valores fueron de 21.2 mm en T1, 18.8 mm en T2 y 18.6 mm en T3. De manera general, aunque se observó un mayor incremento en el espesor del músculo longitudinal a lo largo del tiempo, especialmente en T1, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas, siendo las variaciones observadas similares entre tratamientos durante el periodo de evaluación.

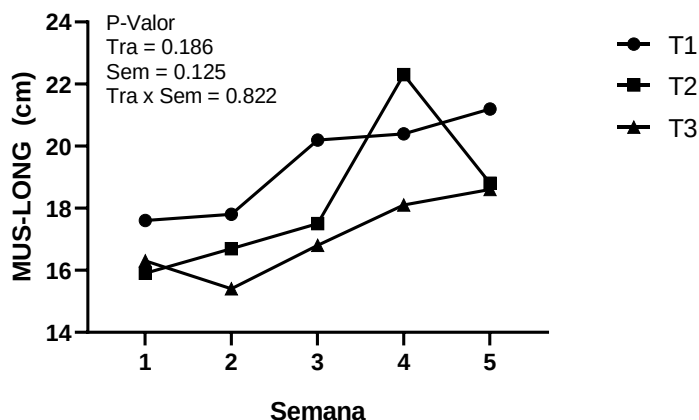


Figura 6 Espesor semanal del músculo longitudinal (mm) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias. Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra × Sem = interacción tratamiento × semana. Diferencias estadísticas se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

El crecimiento muscular depende del aporte de energía y proteína de la dieta, ya que una mayor disponibilidad de nutrientes incrementa la síntesis proteica y favorece el desarrollo del músculo, mecanismo que además está sujeto a regulación genética (Cheng *et al.*, 2020); esto es congruente con la tendencia observada en el T1 y con lo descrito por Aguirre *et al.* (2016), quienes señalan que el ajuste de los niveles de alfalfa y concentrado en ovinos mejora el valor nutritivo de la dieta e incrementa la ganancia de peso.

Los resultados coinciden, además, con la evidencia de que las diferencias entre proporciones intermedias y altas de concentrado tienden a ser pequeñas: Papi *et al.* (2011) observaron que, si bien el incremento del concentrado mejora el desempeño en corderos de cola gorda, los efectos sobre la composición tisular son graduales, mientras que Sadrarhami *et al.* (2022) no encontraron diferencias entre dietas con 50 y 70 % de concentrado, lo que respalda la idea de que el contraste

entre el T1 y el T2 del presente estudio pudo ser demasiado sutil para detectarse con tres animales por grupo.

La medición del músculo longitudinal mediante ecografía resultó una herramienta valiosa para evaluar el desarrollo muscular in vivo, ya que se ha demostrado que las mediciones realizadas en el animal vivo están altamente correlacionadas con las de la canal, lo que permite predecir con precisión la composición de músculo y grasa (Silva *et al.*, 2007). Esta correlación ha sido confirmada en distintos tipos de ovinos, incluidos los de pelo y las razas locales, donde la profundidad y el área del músculo *Longissimus*, junto con el peso vivo, predicen de manera confiable la composición de la canal (Muñoz-Osorio *et al.*, 2023; García-Cigarroa *et al.*, 2024). Asimismo, las mediciones obtenidas mediante ultrasonografía, particularmente aquellas relacionadas con el espesor de grasa subcutánea y el peso vivo, han demostrado una alta capacidad para predecir la composición de la canal en ovinos, explicando gran parte de la variación en los tejidos musculares y adiposos, esto permite realizar evaluaciones in vivo confiables del rendimiento cárnico y comparar animales sometidos a diferentes condiciones de producción sin necesidad de sacrificarlos (Teixeira *et al.*, 2006), además permiten realizar comparaciones entre razas, pesos, edades y sistemas de alimentación (Furtado y Cassol, 2000).

Se recomienda que futuras investigaciones evalúen estas variables con un mayor número de animales por tratamiento, extiendan el periodo de evaluación para captar mejor la curva de crecimiento muscular, e incorporen de manera complementaria el área del músculo *Longissimus* y el peso vivo como covariable, ya que la

combinación de estas mediciones incrementa de forma notable la precisión de la predicción de la composición de la canal en el animal vivo.

4.2. Tejido subcutáneo

El espesor del tejido subcutáneo mostró variaciones a lo largo de las semanas en los tres tratamientos (Figura 7). No se detectó un efecto significativo del tratamiento ($P = 0.753$), ni del tiempo ($P = 0.417$), ni de la interacción tratamiento $\times$ semana ($P = 0.610$), lo que indica que los cambios observados fueron similares entre los grupos a lo largo del periodo experimental. Durante la semana 1, el grupo T1 presentó un valor promedio de 5.3 mm, mientras que T2 registró 4.3 mm y T3 4.8 mm. En la semana 2, T1 disminuyó a 4.9 mm, mientras que T2 aumentó a 5.3 mm y T3 descendió a 4.3 mm. Para la semana 3, los valores fueron de 4.4 mm en T1, 5.0 mm en T2 y 4.9 mm en T3. En la semana 4, los tres tratamientos mostraron valores similares, con 5.3 mm en T1, 5.4 mm en T2 y 5.3 mm en T3. Finalmente, en la semana 5, T1 registró 4.9 mm, T2 4.5 mm y T3 4.8 mm. En términos generales, aunque se observaron fluctuaciones en los valores a lo largo del tiempo, no se evidenciaron diferencias estadísticas entre tratamientos ni una tendencia definida asociada al tiempo, lo que sugiere que el espesor del tejido subcutáneo se mantuvo relativamente estable durante el periodo de evaluación.

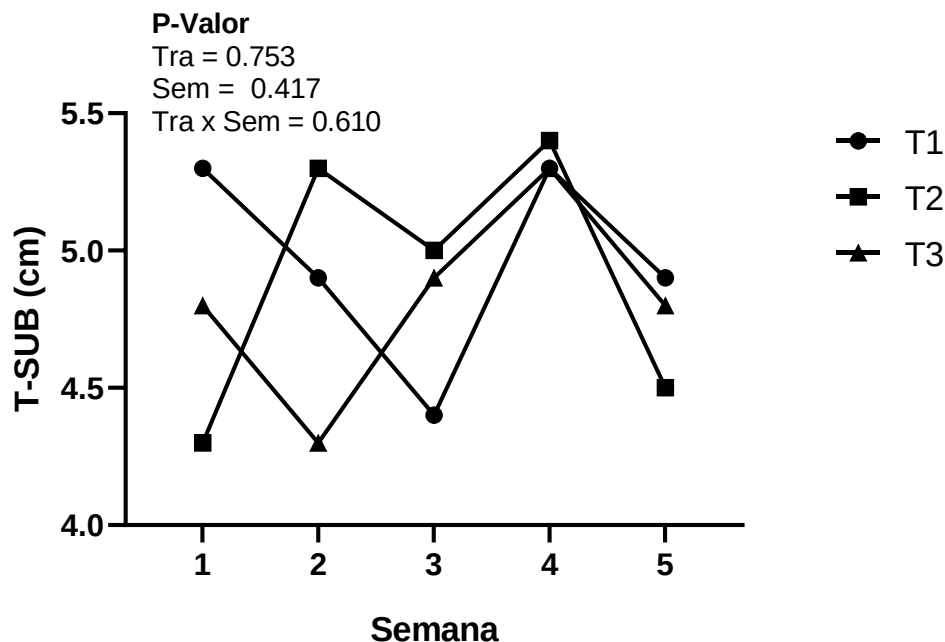


Figura 7 Espesor semanal del tejido subcutáneo (mm) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias. Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra x Sem = interacción tratamiento x semana. Diferencias estadísticas se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

Desde el punto de vista del mecanismo, la deposición de tejido subcutáneo depende del aporte de energía de la dieta, ya que las dietas con mayor proporción de concentrado incrementan la producción ruminal de propionato, principal precursor gluconeogénico que favorece la lipogénesis y, en consecuencia, el engrasamiento de la canal. En concordancia con este principio, Gao et al. (2023) reportaron que el espesor de la grasa subcutánea aumentó de forma significativa al incrementar el nivel de concentrado en ovinos, aunque concluyeron que una relación concentrado:forraje de 50:50 resultó la más adecuada para la finalización, sin ventajas adicionales con niveles más altos. De manera consistente, Sadrarhami et al. (2022) no encontraron diferencias en el rendimiento ni en la mayoría de las características de la canal entre dietas con 50 y 70 % de concentrado, lo que sugiere

que, dentro del intervalo evaluado en el presente estudio, las diferencias entre tratamientos pudieron ser reales pero demasiado pequeñas para detectarse con el tamaño de muestra empleado.

La evaluación de variables asociadas con la calidad de la canal, como el área del *Longissimus dorsi* y el espesor de grasa subcutánea dorsal, permite comparar la respuesta de los corderos bajo distintos sistemas de alimentación, animales suplementados o finalizados en corrales de engorda presentan mayores tasas de crecimiento, pesos de canal y depósitos de grasa subcutánea, lo que refleja una mayor eficiencia productiva en comparación con aquellos mantenidos exclusivamente en pastoreo (Robles-Jiménez *et al.*, 2019). Esta utilidad se sustenta, además, en que la microbiota ruminal participa de manera directa en la deposición de grasa, ya que los nutrientes fermentados por bacterias, protozoos y hongos se transforman anaeróbicamente en ácidos grasos volátiles, principalmente acetato, propionato y butirato, que intervienen en el desarrollo de los tejidos corporales (Castillo-González *et al.*, 2014; Urga *et al.*, 2025), de modo que Zhang *et al.* (2021) señalan que la composición de la microbiota ruminal se relaciona con la deposición de grasa en ovinos, observando que los animales con menor acumulación presentan una mayor diversidad microbiana, lo que indica que las diferencias en la comunidad microbiana pueden modificar la eficiencia de utilización de nutrientes e influir en el desarrollo de la grasa subcutánea.

Desde el punto de vista metodológico, se recomienda incrementar de forma sustancial el número de animales por tratamiento y, de ser posible, con la

cuantificación de la grasa dorsal, de manera que se pueda distinguir con mayor precisión el efecto real de la dieta del error de medición.



Figura 8 Imagen ecográfica en escala de grises para la determinación del espesor del tejido subcutáneo y músculo longitudinal en ovinos. Fuente: elaboración propia.

5. CONCLUSIONES

En la evaluación del músculo longitudinal y el tejido subcutáneo de ovinos mediante ecografía bajo tres sistemas de alimentación no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, dado que el músculo longitudinal mostró una tendencia numérica de mayor desarrollo en las dietas con mayor proporción de concentrado. Aun así, la medición de ambas variables permitió observar el desarrollo de los tejidos y aproximar la calidad de la canal de manera no invasiva, lo que confirma la utilidad de la ecografía como herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la selección de animales y en la implementación de estrategias de manejo.

Por lo anterior, se recomienda evaluar estas variables en un mayor número de animales y durante periodos más prolongados, así como aprovechar el uso del ecógrafo en las unidades de producción de ovinos de carne, ya que esta tecnología permite obtener información precisa y oportuna sobre el desarrollo muscular y la deposición de grasa, fortaleciendo la eficiencia productiva y la rentabilidad del sector ovino.

6. REFERENCIAS

- Alanís, P. J., Miranda-de la Lama, G. C., Mariezcurrena-Berasain, M. A., Barbabosa-Pliego, A., Rayas-Amor, A. A. y Estevez-Moreno, L. X. 2022. Sheep meat consumers in Mexico: understanding their perceptions, habits, preferences and market segments. *Meat Science*. 184:108705.
- Aréchiga, C. F., Aguilera, J. I., Rincón, R. M., Méndez de Lara, S., Bañuelos, V. R. y Meza-Herrera, C. A. 2008. Situación actual y perspectivas de la producción caprina ante el reto de la globalización. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 9(1):1-14.
- Arias-Islas, E., Morales-Barrera, J., Prado-Rebolledo, O. y García-Casillas, A. 2020. Metabolismo en rumiantes y su asociación con analitos bioquímicos sanguíneos. *Abanico Veterinario*. 10(1):1-24.
- Barragán-Sierra, A., Avendaño-Reyes, L., Hernández-Rivera, J. A., Vicente-Pérez, R., Correa-Calderón, A., Mellado, M., Meza-Herrera, C. A. y Macías-Cruz, U. 2021. Termorregulación y respuestas reproductivas de carneros bajo estrés por calor. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 12(3):910-931.
- Bevilacqua, A., Khan, S., Caroprese, M., Speranza, B., Racioppo, A. y Albenzio, M. 2025. Microbiota in the early lives of sheep: a short overview on the rumen microbiota. *Animals*. 16(80):2-13.
- Bidinost, F. 1999. Ovinos: utilización de ultrasonido para la evaluación de características de la canal. *Producción Animal*.
- 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):963-984.

- Bugarín-Prado, J., Lemus-Flores, C., Grageola-Núñez, F., Valdivia-Bernal, R. y Bonilla-Cárdenas, J. 2021. Effect of supplementation with avocado meal on lamb diets on growth and carcass performance. *Abanico Veterinario*. 14.
- Camacho-Ronquillo, J. C., Hernández-Hernández, J. E., Villarreal Espino-Barros, O. A., Franco Guerra, F. J. y Camacho Becerra, C. A. 2018. Análisis económico de la engorda de ovinos en una granja integral en el estado de Puebla, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 42:819-827.
- Camargo-Debortoli, E., Gomes-Monteiro, A. L., Hauber-Gameir, A. y Fidalgo-Saraiva, L. C. V. 2021. Meat sheep farming systems according to economic and productive indicators: a case study in Southern Brazil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 50:e20200107.
- Candelaria-Martínez, B., Flota-Bañuelos, C. y Castillo-Sánchez, L. E. 2015. Caracterización de los agroecosistemas con producción ovina en el oriente de Yucatán, México. *Agronomía Mesoamericana*. 26(2):225-236.
- Castel, J. M., Mena, Y., Delgado-Pertiñez, M., Camúñez, J., Basulto, J., Caravaca, F., Guzmán-Guerrero, J. L. y Alcalde, M. J. 2003. Characterization of semi-extensive goat production systems in southern Spain. *Small Ruminant Research*. 47:133-143.
- Castillo-González, A. R., Burrola-Barraza, M. E., Domínguez-Viveros, J. y Chávez-Martínez, A. 2014. Rumen microorganisms and fermentation. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 46(3):349-361.
- Castillo-Hernández, L., Orozco-Jiménez, A., Enríquez-Leonides, S., González-Luna, S., Maldonado-Jáquez, J. A. y Castillo-Hernández, G. 2025.

- Characterization of traditional sheep production systems in the State of Mexico, productive and economic aspects. *Spei Domus*. 21(1):1-6.
- Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H. y Montañez-Valdez, O. D. 2021. Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad. *Revista MVZ Córdoba*. 27(1):22-46.
- Cheng, S., Wang, X., Wang, Q., Yang, L., Shi, J. y 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.
- Crilly, J. P., Politis, A. N. y Hamer, C. K. 2017. Use of ultrasonographic examination in sheep veterinary practice. *Small Ruminant Research*. 16:2-15.
- Cruz-Monterrosa, R. G., Ramírez-Mella, M., Lira-Casas, R. y Ramírez-Bribiesca, E. 2017. Profile of fatty acids and their modifications in the quality of bovine meat. *Agroproductividad*. 10(10):47-53.
- Duran, O. D., Sanabria, Y. D. y Trujillo, N. Y. 2011. Estimating performance of sheep bodies by ultrasonography: castration influence and place of origin. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 10(1):46-56.
- Duran-O, D. y Trujillo-N, Y. 2010. La ultrasonografía, técnica emergente en la producción de carne ovina de calidad. *Limentech Ciencia y Tecnología Alimentaria*. 8(2):68-82.
- Esquivelzeta, C., Fina, M., Bach, R., Madruga, C., Caja, G., Casellas, J. y Piedrafita, J. 2012. Backfat thickness and longissimus dorsi real-time ultrasound measurements in light lambs. *Journal of Animal Science*. 90(12):5047-5055.

- Figueredo-Basulto, L. y Iser del Toro, M. 2005. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 11(9):1-19.
- Furtado da Silva, L. y Cassol-Pires, C. 2000. Avaliações quantitativas e predição das proporções de osso, músculo e gordura da carcaça em ovinos. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 29(4):1253-1260.
- Ganzábal, A. 1997. Alimentación de ovinos con pasturas sembradas. Unidad de Difusión e Información Tecnológica del INIA. Montevideo.
- Gao, Z., Zhang, J., Li, F., Zhang, X. y Wang, W. 2023. Effects of dietary forage-to-concentrate ratio on fat deposition, fatty acid composition, oxidative stability and mRNA expression of sirtuins genes of subcutaneous fat in sheep (*Ovis aries*). *Journal of Applied Animal Research*. 51(1):382-387.
- García-Cigarroa, J. C., Muñoz-Osorio, G. A., Sarmiento-Franco, L. A., Santos-Ricalde, R. H. y Chay-Canul, A. J. 2024. Use of real-time ultrasound measurements of fat thickness and longissimus thoracis muscle characteristics for predicting body fat depots in crossbred hair ewes. *Small Ruminant Research*. 241.
- González-Lozano, M. A., Parrado-Martínez, L. D., Díaz-Arias, C. A. y Roa-Vega, M. L. 2025. Digestibilidad in vivo en ovinos alimentados con silagem y suplementados con sêmea de trigo, acrescidos de *Saccharomyces cerevisiae*. *Sistemas de Producción Agroecológicos*. 16(1):12-34.
- Gutiérrez-Borroto, O. 2015. La fisiología digestiva del rumiante, objeto de investigación en el Instituto de Ciencia Animal durante cincuenta años. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 49(2):179-188.

- Hernández-Cortázar, I., Rejón-Ávila, M., Valencia-Heredia, E. y Araujo-Andrade, L. 2014. Análisis de inversión para la producción de ovinos en el municipio de Tzucacab, Yucatán, México. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 34:677-687.
- Hernández-Guzmán, F. J., Mendoza-Pedroza, S. I. y Antonio-Medina, A. 2023. Production and quality of grazing sheep meat in Estado de México. *Nacameh*. 17(2):101-108.
- Hernández-Valenzuela, D., Sánchez-Vera, E., Gómez-Demetrio, W. y Martínez-García, C. G. 2019. Caracterización productiva y socioeconómica del sistema de producción ovina en un área natural protegida de México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10(4):951-965.
- Houghton, P. L. y Turlington, L. M. 1992. Application of ultrasound for feeding and finishing animals. *Journal of Animal Science*. 70(3):930-941.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2020. Censo de Población y Vivienda 2020: Torreón, Coahuila de Zaragoza. INEGI. México.
- Lara-Rivera, A. L., Parra-Bracamonte, G. M., Flores-Garibay, R., Vázquez-Armijo, J., Martínez-González, J., Magaña-Monforte, J. G. y Moreno-Medina, V. 2024. Characterization of hair-sheep production systems in the Mexicali Valley, Baja California, Mexico. *Revista Bio Ciencias*. 11, e1566:1-13.
- Martín-Bellido, M. M., Escribano-Sánchez, F. J., Mesías-Díaz, A., Rodríguez-de Ledesma, F. y Pulido-García, F. 2001. Extensive systems in animal production. *Archivos de Zootecnia*. 50(192):465-489.
- Martínez, E. D. 2023. Productive performance, carcass and meat characteristics of sheep livestock: implications. *Analecta Veterinaria*. 43,e063:1-26.

- Meinecke-Tillmann, S. 2016. Basics of ultrasonographic examination in sheep. *Small Ruminant Research*. 152:10-21.
- Mestra-Vargas, L. I., Martínez-Reina, A. M. y Santana-Rodríguez, M. O. 2019. Technical and economic characterization of lamb meat production in Córdoba, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*. 30(3):871-884.
- Mitra, M. y Rude, B. 2020. Population, world production and quality of sheep and goat products. *American Journal of Animal and Veterinary Sciences*. 15(4):291-299.
- Mondragón-Ancelmo, J., García-Hernández, P., Rojas-Sandoval, L. A., Domínguez-Vara, I. A., Gómez-Tenorio, G. y Rebollar-Rebollar, S. 2018. Characterization of agroindustrial consumers of small ruminants meat in the State of Mexico. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. 74:17-24.
- Morales-Morales, M., Martínez-Dávila, J. P., Torres-Hernández, G. y Pacheco-Velasco, J. E. 2004. Evaluación del potencial para la producción ovina con el enfoque de agroecosistemas en un ejido de Veracruz, México. *Técnica Pecuaria en México*. 42(3):347-359.
- Muñoz-Osorio, G. A., Aguilar-Caballero, A. J., Sarmiento-Franco, L. A., Wurzinger, M. y Chay-Canul, A. J. 2023. Using fat thickness and longissimus thoracis traits real-time ultrasound measurements in Black Belly ewe lambs to predict carcass tissue composition. *Meat Science*. 199:109118.
- Orona-Castillo, I., López-Martínez, J. D., Vázquez-Vázquez, C., Salazar-Sosa, E. y Ramírez-Ramírez, M. E. 2014. Análisis microeconómico de una unidad representativa de producción de carne de ovino en el Estado de México bajo

- un sistema de producción semi intensivo. *Revista Mexicana de Agronegocios*. 34:720-728.
- Papi, N., Mostafa-Tehrani, A., Amanlou, H. y Memarian, M. 2011. Effects of dietary forage-to-concentrate ratios on performance and carcass characteristics of growing fat-tailed lambs. *Animal Feed Science and Technology*. 163(2-4):93-98.
- Pérez-Hernández, P., Vilaboa-Arroniz, J., Chalate-Molina, H., Martínez-Bernardino, C., Díaz-Rivera, P. y López-Ortiz, S. 2011. Análisis descriptivo de los sistemas de producción con ovinos en el estado de Veracruz, México. *Revista Científica*. 21(4):327-334.
- Poli, C. H. E. C., Monteiro, A. L. G., Devincenzi, T., Albuquerque, F. H. M. A. R., Motta, J. H., Borges, L. I. y Muir, J. P. 2020. Management strategies for lamb production on pasture-based systems in subtropical regions: a review. *Frontiers in Veterinary Science*. 7:543.
- Pulina, G., Milán, M. J., Lavín, M. P., Theodoridis, A., Morin, E., Capote, J., Thomas, D. L., Francesconi, A. H. D. y Caja, G. 2018. Current production trends, farm structures, and economics of the dairy sheep and goat sectors. *Journal of Dairy Science*. 101(8):6715-6729.
- Qtaishat, T., Al-Sharafat, A. y Majdalawi, M. I. 2012. A comparative economic analysis of sheep production systems: a case study of Jordan. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 10(2):690-694.
- Ramírez-López, A. y Coronado-Minjarez, M. A. 2017. Effect of the demand in the features of the cattle sheep marketed in the Altiplano Oeste Potosino. *Nova Scientia*. 19(2):464-480.

- Rebollar-Rebollar, S., Velázquez-Villalva, H. H. y Gómez-Tenorio, G. 2024. Determinación del nivel óptimo técnico y económico en ovinos Dorper en confinamiento. *Agricultura, Sociedad y Desarrollo*. 21(4):1-14.
- Robles-Jiménez, L. E., Naranjo, A., Angeles-Hernandez, J. C., Osorio-Ovalos, J., Castelan -Ortega, O. y González-Ronquillo, M. 2019. A meta-analysis on the effect of the feeding type and production system on the carcass quality of lambs. *Italian Journal of Animal Science*. 18(1):433-444.
- Rodríguez-Carías, A. A. 2013. Sostenibilidad y competitividad de sistemas de producción de pequeños rumiantes. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. 26:278-283.
- Sadrarhami, I., Alikhani, M., Ghasemi, E., Mahdavi, A. H., Soltanizadeh, N., Font-I-Furnols, M., y Hosseini Ghaffari, M. 2022. Effects of nomadic grazing system and indoor concentrate feeding systems on performance, behavior, blood parameters, and meat quality of finishing lambs. *PLOS ONE*. 17(8):e0273457.
- Sahin, E. H., Yardimci, M., Cetingul, I. S., Bayram, I. y Sengor, E. 2008. The use of ultrasound to predict the carcass composition of live Akkaraman lambs. *Meat Science*. 79(4):716-721.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2024. Detrás de la ovinocultura: una mirada a la crianza de ovejas en México. SADER. México.
- Silva, S. R., Gomes, M. J., Dias-da-Silva, A., Gil, L. F. y Azevedo, J. M. T. 2007. Sheep carcass composition estimated from Longissimus thoracis et lumborum muscle volume measured by in vivo real-time ultrasonography. *Meat Science*. 76(4):708-714.

- Silva, S. R., Sacarrão-Birrento, L., Almeida, M., Ribeiro, D. M., Guedes, C., González Montaña, J. R., Pereira, A. F., Zaralis, K., Geraldo, A., Tzamaloukas, O., Nanni Costa, L., Luciola, S., Pauselli, M., Mourão, J. L., Roseiro, L. C., Rodrigues, M. A. M. y Teixeira, A. 2022a. Extensive sheep and goat production: The role of novel technologies towards sustainability and animal welfare. *Animals*. 12(7), 885:1-22.
- Silva, S. R., Sacarrão-Birrento, L., Almeida, M., Ribeiro, D. M., Guedes, C., González Montaña, J. R., Pereira, A. F., Zaralis, K., Geraldo, A., Tzamaloukas, O., González Cabrera, M., Castro, N., Argüello, A., Hernández-Castellano, L. E., Alonso-Diez, Á. J., Martín, M. J., Cal-Pereyra, L. G., Stilwell, G. y de Almeida, A. M. 2022b. Extensive sheep and goat production: the role of novel technologies towards sustainability and animal welfare. *Animals*. 12(7):885.
- Simões, J., Abecia, J. A., Cannas, A., Delgadillo, J. A., Lacasta, D., Voigt, K. y Chemineau, P. 2021. Managing sheep and goats for sustainable high yield production. *Animal*. 15:100293.
- Sosa-Garduza, I. J., Mezo-Solís, J. A., García-Herrera, R. A., Muñoz-Osorio, G. A., Herrera-Camacho, J. y Chay-Canul, A. J. 2023. La ultrasonografía revela características de la canal en ovinos de pelo. *Bioagrobiociencias*. 16(1):70-74.
- Sultana, N., Islam, R., Afrose, M. y Jannat, N. 2021. Morphometry and biometry of gastrointestinal tract of indigenous sheep. *Advances in Animal and Veterinary Sciences*. 9(10):17-39.

- Teixeira, A., Delfa, R., Cadavez, V. y González, M. 2006. In vivo estimation of lamb carcass composition by real-time ultrasonography. *Meat Science*. 74(2):289-295.
- Timaure-Jiménez, C., Pozo, J. A., Soto-Ysea, Y. y Guerere-Morales, A. 2015. Sistemas de producción caprina y ovina en la subregión Costa Oriental del Lago de Maracaibo. *Tecnología en Marcha*. 28(1):71-90.
- Urga, B., Wang, X., Wei, H. y Zhao, G. 2025. Mechanisms and applications of gastrointestinal microbiota–metabolite interactions in ruminants: a review. *Microorganisms*. 13(12):2880.
- Vázquez-Martínez, I., Jaramillo-Villanueva, J. L., Bustamante-González, Á., 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.
- Vilaboa-Arroniz, J., Díaz-Rivera, P., Platas-Rosado, D. E., Ortega-Jiménez, E. y Rodríguez-Chessani, M. A. 2006. Productividad y autonomía en sistemas de producción ovina: dos propiedades emergentes de los agroecosistemas. *Interciencia*. 31(1):37-44.
- Yolanda-Trillo, M. 2018. Manejo eficiente de ganado ovino con ayuda de la ecografía. *Tierras Ovino-Caprino*. 21:48.
- Zhang, Y., Zhang, X., Li, F., Li, C., Zhang, D., Li, X., Zhao, Y. y Wang, W. 2021. Exploring the ruminal microbial community associated with fat deposition in lambs. *Animals*. 11(12):3584.