

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN REGIONAL DE CIENCIA ANIMAL

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS BÁSICAS



Evaluación del consumo de alimento y agua en ovinos criados bajo diferente sistema
de alimentación

Por:

Alma Ivonne Vargas Sánchez

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 del consumo de alimento y agua en ovinos criados bajo diferente
sistema de alimentación

Por:

Alma Ivonne Vargas Sánchez

TESIS

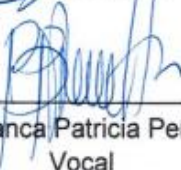
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito parcial para
obtener el título de:

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Aprobada por:


Dr. Juan Manuel Guillén Muñoz
Presidente


Dr. Ramiro González Avalos
Vocal


MC. Blanca Patricia Peña Revuelta
Vocal


Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
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 del consumo de alimento y agua en ovinos criados bajo diferente
sistema de alimentación

Por:

Alma Ivonne Vargas Sánchez

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. Blanca Patricia Peña Revuelta
Coasesor



Dra. Reyna Roxana Guillén Enríquez
Coasesor



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



Torreón, Coahuila, México
Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

A mi profesora, la **Dra.** Karla Quetzalli Ramirez Uranga, y al **Dr.** Ramiro González Avalos, por apoyarme en este trabajo, dedicarme parte de su tiempo y compartir conmigo sus conocimientos.

A mi **Alma Mater**, por abrirme sus puertas, brindarme la oportunidad de formar parte de ella y permitirme realizar mi experimento en sus instalaciones.

DEDICATORIAS

A **mis padres** Juan Carlos Vargas Suarez y Edith Sanchez Vega por su apoyo incondicional, por su confianza depositada en mí, por sus consejos y sacrificios que han hecho por mi formación, desarrollo, por nunca dejarme sola a pesar de la distancia.

A **mis Abuelitos** por siempre estar par mi apoyándome, confiando en mí.

A **mí** por nunca rendirme a pesar de las diversas circunstancias y malos momentos por no perder nunca el rumbo y siempre ver el lado bueno de las cosas.

A **mi gato** Azul por ser mi apoyo emocional y acompañarme en las desveladas durante toda la carrera.

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
RESUMEN.....	v
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo General	2
1.2. Objetivos Específicos	3
1.3. Hipótesis	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Producción y Distribución Nacional	6
2.2. Importaciones de ovinos	7
2.3. Exportaciones de ovinos	8
2.4. Sistemas de producción	10
2.4.1. Sistema Intensivo o Estabulado	11
2.4.2 Sistema Semi intensivo	12
2.5 Sistema Digestivo de los Ovinos.....	13
2.6. Requerimientos Nutricionales de los Ovinos	14
2.6.1. Requerimientos de energía en los ovinos	15
2.6.2. Requerimientos de proteínas.....	16
2.6.3. Aporte de minerales	17
2.6.4. Requerimientos de vitaminas	18
2.6.5. Requerimientos de agua.....	20
2.7. Alternativas de alimentación para los ovinos	22
3. MATERIALES Y MÉTODOS	24
3.1. Ubicación Geográfica.....	24
3.2. Diseño experimental	24
3.3. Manejo General	25
3.4. Variables Evaluadas	25
3.5. Análisis estadístico	28
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29

4.1. Consumo de alimento	29
4.2. Consumo de agua.....	31
4.3. Ganancia diaria de peso	34
5. CONCLUSIONES	37
6. REFERENCIAS.....	38

RESUMEN

La producción ovina es una actividad pecuaria de importancia a nivel mundial por su contribución en la producción de carne, leche y fibra, así como por la capacidad de los ovinos para adaptarse a diversas condiciones ambientales y aprovechar forrajes de baja calidad. Dentro de los sistemas de producción, el consumo de alimento y agua constituye un factor determinante de la eficiencia productiva, aunque la información disponible sobre estos parámetros bajo diferentes sistemas de alimentación es limitada. El objetivo de este estudio fue evaluar el consumo de alimento y agua, así como la ganancia diaria de peso, en ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación. Para ello, se trabajó con nueve ovinos mestizos machos distribuidos bajo un diseño en bloques completos al azar en tres tratamientos, diferenciados por la proporción de concentrado comercial (18 % de proteína) y alfalfa: T1 (80 % de concentrado y 20 % de alfalfa), T2 (50 % y 50 %) y T3 (100 % de alfalfa). El consumo de alimento y de agua se registró diariamente y la ganancia de peso se midió semanalmente; los datos se analizaron mediante modelos lineales mixtos. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos para el consumo de alimento ($P = 0.753$), el consumo de agua ($P \geq 0.05$) ni la ganancia diaria de peso ($P = 0.773$); sin embargo, las tres variables mostraron un incremento significativo a lo largo del tiempo ($P < 0.001$), así como una interacción tratamiento $\times$ semana significativa. Bajo las condiciones de este estudio, el sistema de alimentación no modificó de manera significativa el consumo de alimento y agua ni la ganancia de peso, por lo que se recomienda evaluar estas variables con un mayor número de animales y durante periodos más prolongados.

Palabras clave: Ovinos, Consumo de alimento, Consumo de agua, Ganancia de peso, Sistemas de alimentación

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales diarios de ovejas de 60 kg de peso vivo según el estado fisiológico. Fuente: adaptado de CSIRO (2007). MS = materia seca; PV = peso vivo; EM = energía metabolizable; PT = proteína total; Ca = calcio; P = fósforo; Vit. A = vitamina A.	15
Cuadro 2. Fracciones de las proteínas con base en su solubilidad y degradabilidad. ..	17
Cuadro 3. Requerimientos de vitaminas para rumiantes y caballos (unidades por kg de dieta).	19
Cuadro 4. Consumo de agua por categoría, según la temperatura (litros/día/animal) Fuente: Manual de producción ovina (2008).	21

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países exportadores de carne ovina y caprina (fresca, refrigerada o congelada). Fuente: BACI, Base de Datos de Comercio Internacional.	8
Figura 2. Comercio internacional neto de carne de animales de las especies ovina y caprina, fresca, refrigerada o congelada, flujo anual. Fuente: Data México (2023), Secretaría de Economía.	9
Figura 3. Destinos comerciales principales de la carne ovina a nivel mundial. Fuente: Data México (2022).	10
Figura 4. Mapa de la unidad experimental del departamento de Ciencias Básicas.	24
Figura 5. Preparación y distribución de las raciones experimentales. Fuente: elaboración propia.	26
Figura 6. Recolección y medición del consumo de agua. Fuente: elaboración propia.	27
Figura 7. Revisión clínica y manejo sanitario de los ovinos durante el periodo experimental. Fuente: elaboración propia.	27
Figura 8. Consumo semanal de alimento (kg) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra $\times$ Sem = interacción tratamiento $\times$ semana. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P < 0.05$	30
Figura 9. Consumo total de agua (L) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). ns = no significativo ($P \geq 0.05$).	33
Figura 10. Ganancia de peso (kg) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra $\times$ Sem = interacción tratamiento $\times$ semana. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P < 0.05$	35

INTRODUCCIÓN

Los ovinos se caracterizan por su amplia distribución a nivel mundial y su capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales, lo que ha favorecido su incorporación en múltiples sistemas de producción pecuaria (Guerra *et al.*, 2023). Esta capacidad de adaptación ha permitido que la ovinocultura represente una actividad relevante en zonas rurales, donde contribuye al sustento económico mediante la producción de carne, leche y lana (Chávez, 2022). Desde el punto de vista fisiológico, los ovinos son animales rumiantes cuyo sistema digestivo especializado, compuesto por cuatro compartimentos, permite la fermentación de los alimentos y la transformación de compuestos fibrosos en nutrientes aprovechables para el crecimiento y la producción (Romero y Bravo, 2012).

En este contexto, la eficiencia productiva de los ovinos depende en gran medida de la calidad de la dieta y del adecuado funcionamiento del ecosistema ruminal (Hernández Montiel *et al.*, 2016). La alimentación de los ovinos se basa principalmente en el consumo de forrajes, como henos, ensilajes o pastos, los cuales constituyen el sustrato para la actividad microbiana en el rumen, aunque para cubrir los requerimientos nutricionales es necesario complementar estas dietas con minerales, vitaminas y concentrados, con el fin de optimizar el desempeño productivo (Mahgoub *et al.*, 2025).

En términos de consumo, se ha reportado que los corderos entre 3 y 6 meses de edad presentan ingestas de 0.9 a 1.3 kg de alimento por día, mientras que en animales adultos este consumo puede variar entre 1.5 y 2 kg/animal/día, dependiendo de su peso y de la calidad de la dieta (Giraudó, 2014).

Por otro lado, el agua constituye un nutriente esencial en la fisiología de los ovinos, ya que participa en procesos metabólicos, digestivos y de regulación térmica, de manera que se estima que un ovino de aproximadamente 45 kg puede consumir entre 3.5 y 4 L de agua al día, aunque este consumo puede variar en función de factores como la calidad del forraje, el estado fisiológico y las condiciones ambientales (González y Tapia, 2017).

A pesar de la relevancia del consumo de alimento y agua en la eficiencia productiva de los ovinos, la información disponible sobre estos parámetros, particularmente bajo diferentes sistemas de alimentación, es limitada, lo que ha propiciado que en muchos sistemas de producción el manejo de los rebaños se realice de manera empírica, basado en prácticas de prueba y error (Rivera-Lara *et al.*, 2024).

Asimismo, se ha señalado que el consumo de agua está influenciado por múltiples factores, incluyendo la ingesta de materia seca, lo que dificulta su estimación precisa y evidencia la necesidad de generar información que permita comprender mejor su comportamiento bajo distintas condiciones productivas (Patiño *et al.*, 2010). En este contexto, el presente estudio tuvo como objetivo evaluar el consumo de alimento y agua en ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación, con el fin de generar información que contribuya a una mejor comprensión de estos procesos y a la optimización de los sistemas productivos.

1.1. Objetivo General

Evaluar el consumo de alimento, agua y ganancia diaria de peso en ovinos criados bajo diferente sistema de alimentación.

1.2. Objetivos Específicos

Analizar el consumo diario de alimento de los ovinos en los distintos tratamientos.

Comparar el consumo de agua entre los animales de los tres tratamientos evaluados.

Estimar la ganancia diaria de peso de los ovinos en función del sistema de alimentación.

1.3. Hipótesis

Los ovinos alimentados con dietas que incluyen concentrado presentan un patrón distinto de consumo de alimento y agua, así como de ganancia diaria de peso, en comparación con aquellos alimentados exclusivamente con forraje.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La producción ovina constituye una actividad pecuaria de importancia a nivel mundial, debido a su contribución en la producción de carne, leche y fibra, así como por su capacidad de adaptarse a diversas condiciones ambientales y sistemas de producción, versatilidad que ha permitido su establecimiento en distintos contextos productivos, desde sistemas extensivos de baja tecnificación hasta sistemas intensivos con altos niveles de manejo, lo que la convierte en una alternativa productiva relevante en diferentes regiones del mundo (Figueredo-Basulto y Iser del Toro, 2005).

En México, los ovinos fueron introducidos por los españoles algunos años después de la conquista, aproximadamente entre 1525 y 1526 (Matesanz, 1965). Durante este periodo, las principales razas introducidas fueron la Manchega, la Lacha y la Churra, cuyos descendientes dieron origen a los denominados ovinos criollos, los cuales se caracterizan por su adaptación a las condiciones locales y por presentar una variabilidad genética derivada de los procesos de selección natural y manejo empírico, mientras que, en contraste, las razas ovinas de pelo, como la Pelibuey y la Black Belly, no se consideran criollas debido a que no son originarias de la península ibérica, por lo que su introducción se ha realizado generalmente a través de machos, sin seguir un sistema definido de cruzamiento, lo que ha generado poblaciones con una estructura genética altamente variable y, en algunos casos, con una composición multirracial indefinida (Ulloa-Arvizu *et al.*, 2009).

El hato ovino nacional ha experimentado un crecimiento progresivo a lo largo del tiempo, inicialmente bajo el control de los colonizadores españoles, ya que a partir de 1526 el cabildo mexicano permitió el establecimiento de estancias destinadas a la crianza de ovinos en regiones como la ciudad de México, Coyoacán, Chapultepec y Cuajimalpa, lo que favoreció la expansión de esta actividad productiva en el territorio nacional (Romero, 2020). En la actualidad, México cuenta con una población aproximada de 8,836,730 cabezas de ganado ovino (SIAP, 2023), distribuidas principalmente en la zona centro (55 %), seguida de la zona norte (23 %) y la zona sur (16 %) (Herrera-Haro *et al.*, 2019).

El crecimiento de la población ovina se encuentra estrechamente relacionado con la capacidad de los rumiantes para aprovechar recursos alimenticios no aptos para el consumo humano, como pastos, forrajes y subproductos ricos en celulosa, transformándolos en productos de alto valor nutricional como carne y leche, característica que representa una ventaja productiva importante dentro de los sistemas pecuarios, particularmente en regiones donde la disponibilidad de recursos es limitada, aunque este atributo también implica una menor eficiencia en la conversión alimenticia en comparación con otras especies pecuarias, especialmente en animales en etapas de crecimiento, lo que puede influir en los costos de producción y en la eficiencia global del sistema (Cantalapiedra-Hijar *et al.*, 2018).

2.1. Producción y Distribución Nacional

La distribución geográfica del ganado ovino en México se concentra principalmente en la región centro del país, lo cual se asocia con una mayor demanda de consumo en estas zonas, y se extiende hacia el norte, abarcando estados como Zacatecas, San Luis Potosí y Durango, caracterizados por presentar condiciones templadas y semiáridas, así como cercanía a los principales centros de comercialización, mientras que, en contraste, las regiones tropicales presentan una menor participación en la producción ovina, donde esta actividad se ha desarrollado como respuesta a la demanda generada por el sector turístico (Vargas-Bello-Pérez *et al.*, 2023).

En los últimos veinticinco años, la producción nacional de carne ovina ha mostrado una tendencia creciente, con una tasa media anual de 4.7 %, al pasar de 29,887 toneladas en 1995 a 64,758 toneladas de carne en canal en 2020, aunque, a pesar de este crecimiento, México aún no cuenta con un sistema de clasificación de canales ni con normas de calidad estandarizadas, lo que limita la diferenciación de precios en función de la calidad del producto (Robles-Jiménez *et al.*, 2022).

El consumo aparente de carne ovina en México es de aproximadamente 75,000 toneladas anuales, aunque la producción nacional solo cubre alrededor del 70 % de la demanda, por lo que el resto se satisface mediante importaciones, las cuales se ven influenciadas por factores como las condiciones climáticas y la disponibilidad de recursos productivos (INIFAP, 2017).

En el contexto sociocultural, la producción ovina en México se encuentra estrechamente vinculada al consumo de barbacoa, considerado un platillo tradicional, aunque, a pesar de ello, la carne ovina presenta un bajo nivel de consumo general, ya que aproximadamente el 95 % de esta se destina a la elaboración de dicho platillo, el cual es percibido como un alimento de consumo ocasional o de "lujo" (Hernández-Marín, 2017).

En términos de tendencias recientes, entre los años 2017 y 2021 se observó una disminución en el consumo de carne ovina, aunque en 2022 se registró un incremento del 2.6 %, lo que sugiere una posible recuperación en la demanda, ya que a nivel nacional el consumo de carne ovina representa aproximadamente el 1 % del total de carne consumida, con un consumo per cápita estimado en 567 g en 2019, lo que equivale a una tasa media de crecimiento anual del 0.39 % durante los últimos 50 años (SIAP, 2021).

2.2. Importaciones de ovinos

Entre los años 2001 y 2017 se registró una reducción del 74 % en las importaciones de carne ovina en México, al pasar de 58 mil toneladas anuales a 10,379 toneladas, comportamiento que ha sido asociado con mejoras en la calidad genética del hato ovino nacional, lo que ha favorecido un incremento sostenido en su tamaño y ha contribuido al posicionamiento de México como exportador de ovinos en pie, así como de material genético, incluyendo semen y embriones, hacia países de Centroamérica (SADER, 2018).

Para el año 2019, las importaciones de ovinos en pie alcanzaron un total de 7,752 cabezas, además de 6,782 toneladas de carne, donde la mayor parte de estos animales fue adquirida de los Estados Unidos de América y, en menor proporción,

de Australia y Nueva Zelanda, mientras que información de la Secretaría de Economía correspondiente al periodo 2003-2019 indica la existencia de tres fracciones arancelarias para la importación de ovinos en pie: animales con pedigrí o certificado de alto registro, animales destinados al consumo y otros animales vivos de la especie (Bobadilla-Soto *et al.*, 2021).

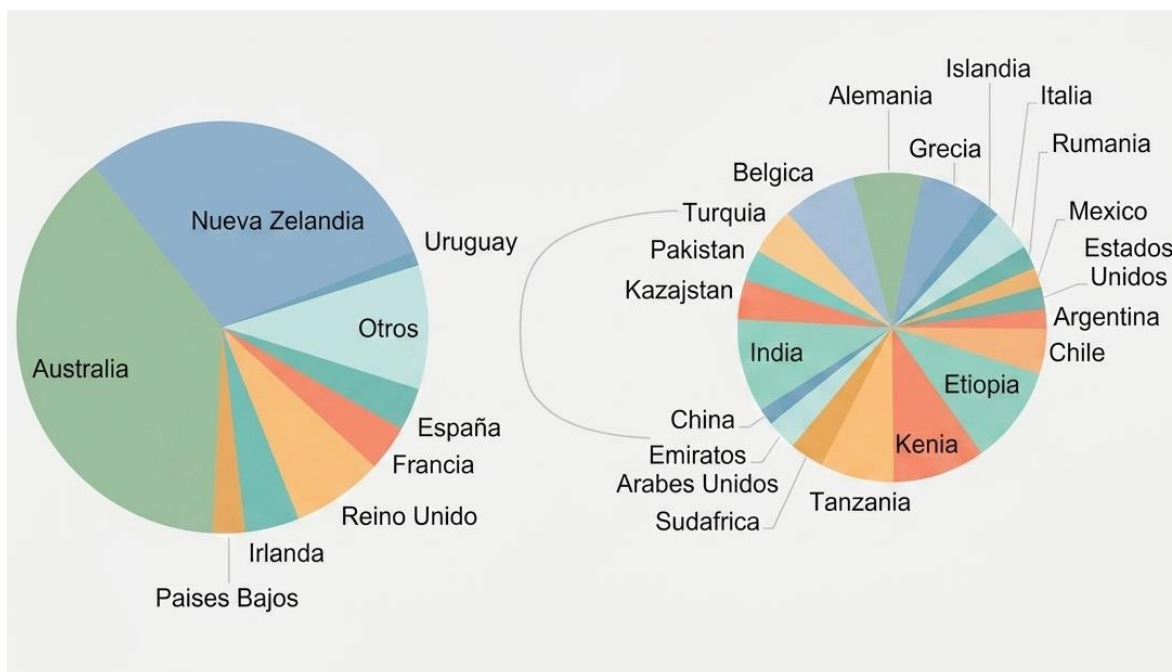


Figura 1. Principales países exportadores de carne ovina y caprina (fresca, refrigerada o congelada). Fuente: BACI, Base de Datos de Comercio Internacional.

2.3. Exportaciones de ovinos

Según datos de Data México (2023), las exportaciones son casi inexistentes, ya que entre los años 2008 y 2016 las ventas pasaron de 171 mil a 855 mil dólares, mientras que entre 2018 y 2022 hubo un aumento considerable, que fue desde los 2.68 millones hasta los 20.2 millones de dólares, aunque a partir del año 2023 se presentó un descenso drástico en las ventas, ya que solo se reportaron 1.3 millones de dólares, de manera que, a nivel global, estas exportaciones representan apenas

el 0.19 %, siendo los principales destinos China, con un 18.5 %, Estados Unidos, con un 16.4 %, y Francia, con un 9.56 % (Data México, 2023).

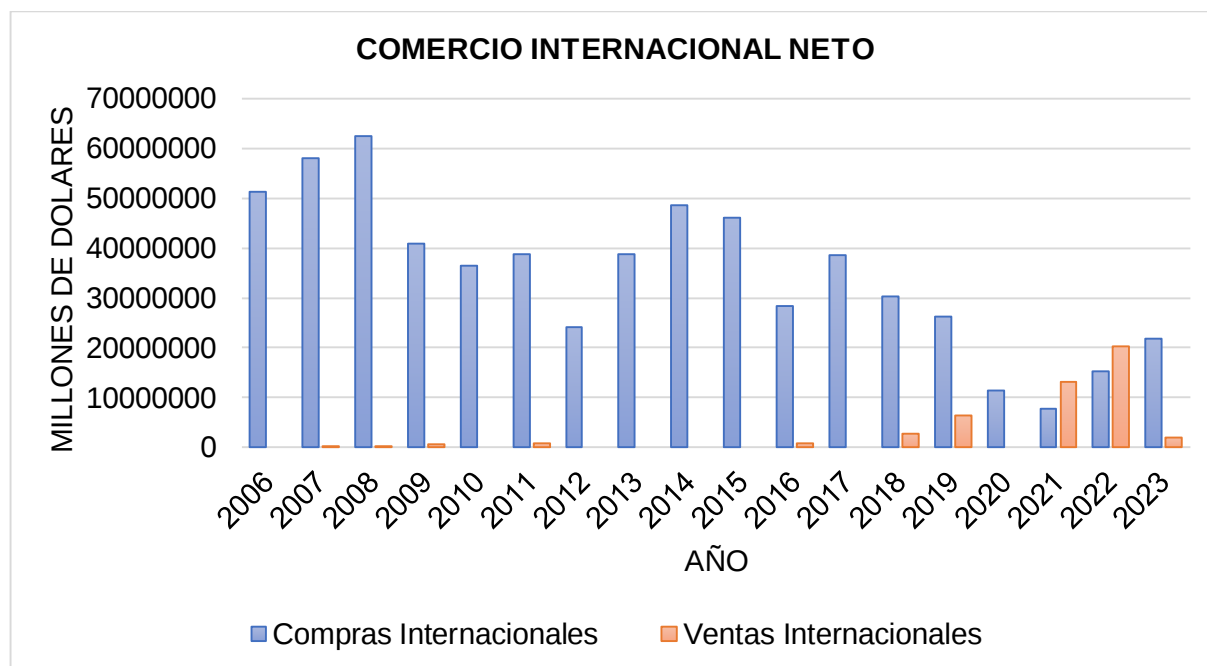


Figura 2. Comercio internacional neto de carne de animales de las especies ovina y caprina, fresca, refrigerada o congelada, flujo anual. Fuente: Data México (2023), Secretaría de Economía.

En el año 2023, México exportó 1.85 millones de dólares en carne de ovino, posicionándose en el lugar 51 de 127 países exportadores a nivel mundial, donde los principales destinos de estas exportaciones fueron Estados Unidos y Liberia, y en ese mismo año la carne ovina ocupó el lugar 859 entre los productos más exportados de un total de 1,189 (Data México, 2024).

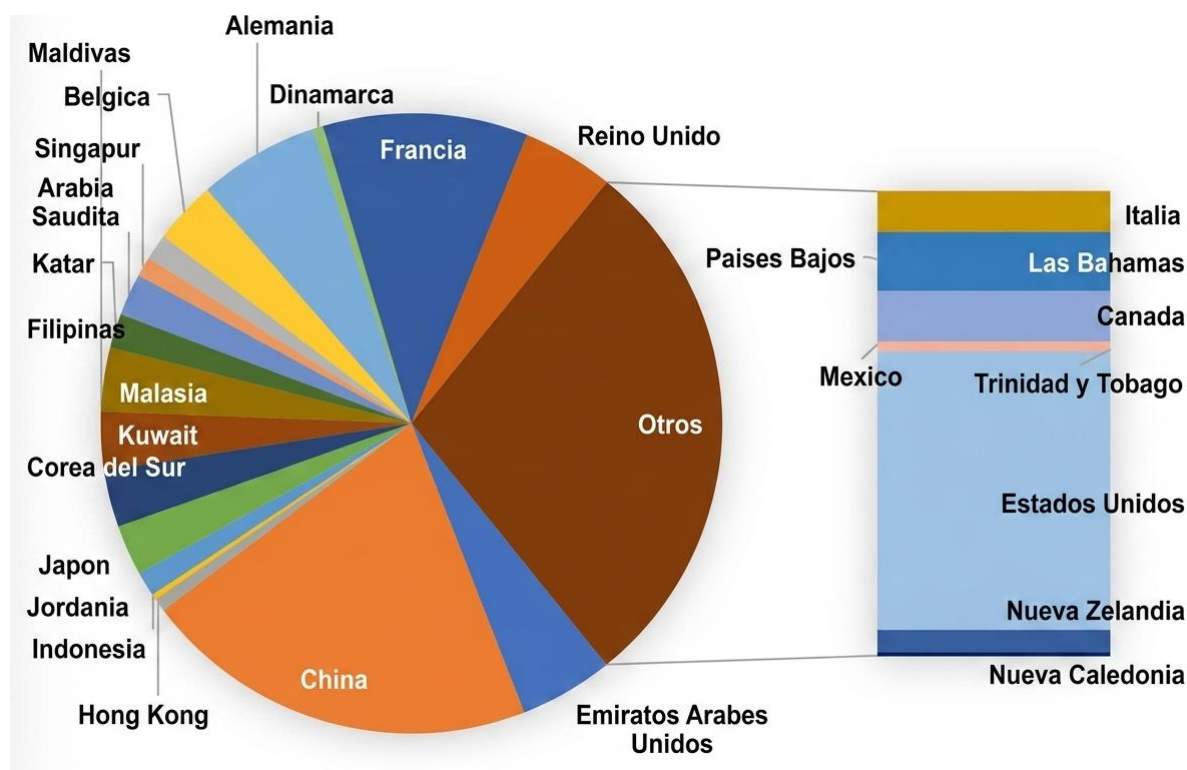


Figura 3. Destinos comerciales principales de la carne ovina a nivel mundial.
Fuente: Data México (2022).

2.4. Sistemas de producción

La ovinocultura de traspatio se define como la cría y el manejo de ovinos en espacios domésticos, como solares o huertos familiares, los cuales suelen cumplir funciones de cultivo, recreación, educación y experimentación alrededor de los hogares, de manera que este sistema se caracteriza por ser una actividad de tipo familiar, en la que participan la mayoría de los integrantes, y es comúnmente practicado por pequeños productores con recursos limitados (Bobadilla-Soto *et al.*, 2022).

En México, la producción ovina se desarrolla principalmente bajo sistemas extensivos y de traspatio, aunque también existen sistemas intensivos con mayores

niveles de tecnificación, en los cuales las instalaciones y el manejo productivo están orientados a maximizar la eficiencia (Lara *et al.*, 2024).

Dentro del sistema extensivo se pueden identificar dos modelos predominantes, donde el primero se localiza en la zona norte del país y se desarrolla en potreros con o sin cercado, en los que los principales problemas incluyen el sobrepastoreo y la erosión del suelo, así como una alimentación deficiente con baja suplementación, mientras que el segundo modelo se presenta en la zona centro del país y consiste en el pastoreo durante el día y el confinamiento nocturno, dependiendo en gran medida de las condiciones climáticas, sistema en el que una de las principales limitantes es la pérdida de animales por depredación, de modo que, en ambos casos, estos sistemas se caracterizan por presentar bajos parámetros productivos y una reducida rentabilidad económica (Romero, 2020).

En este tipo de sistemas, el rebaño es manejado como una sola unidad productiva, con un control limitado sobre la reproducción, ya que los empadres suelen realizarse de forma continua y sin considerar la edad de las hembras, debido a la convivencia permanente entre machos y hembras durante todo el año (Mireles-Martínez *et al.*, 2011).

2.4.1. Sistema Intensivo o Estabulado

El sistema intensivo o estabulado se localiza principalmente en la región centro del país y se caracteriza por un alto nivel de tecnificación, por lo que es considerado una empresa productiva, ya que este sistema implica mayores costos de producción en comparación con otros, de manera que su viabilidad depende de su

implementación a gran escala o de la participación directa del productor y su familia en las actividades operativas (Chávez-Espinoza *et al.*, 2021).

El objetivo de este sistema es maximizar la producción en menor tiempo, mediante el manejo diferenciado de los animales según su etapa fisiológica, sexo, edad y peso, lo que permite obtener productos con mayor valor agregado, apoyado en el uso de razas con alto valor genético y en el registro sistemático de la producción (Chávez, 2022; Romero, 2020).

2.4.2 Sistema Semi intensivo

El sistema semiintensivo se caracteriza por una menor demanda de mano de obra en comparación con el sistema intensivo, así como por una reducción en la superficie destinada a la producción de forraje, debido a que los animales son llevados a pastorear en potreros con forrajes establecidos y posteriormente son confinados durante la tarde o la noche (Díaz, 2010).

Este sistema también es conocido como sistema diversificado, ya que integra el pastoreo en áreas agrícolas, forestales y frutales, aunque su implementación se limita a plantaciones bien establecidas, con el fin de evitar daños en cultivos jóvenes, ya que en condiciones de escasez de forraje los ovinos pueden ramonear sobre la vegetación, de manera que el pastoreo se realiza de forma controlada y rotacional, lo que permite beneficios como la reducción de malezas y la disminución del riesgo de incendios (SAGARPA, 2012).

En este sistema, los ovinos reciben suplementación alimenticia además del pastoreo, incluyendo esquilmos agrícolas, granos, cereales y alimentos

comerciales, así como sales minerales, de modo que entre sus ventajas destacan mejores índices productivos, mayor control zootécnico y sanitario, y menor riesgo de depredación, aunque también presenta desventajas, como la necesidad de contar con infraestructura adicional, incluyendo corrales, comederos y bebederos tanto en las áreas de confinamiento como en los potreros, lo que incrementa los costos de producción (SENAR, 2019).

2.5 Sistema Digestivo de los Ovinos

El aparato digestivo del ovino se extiende desde los labios hasta el ano e incluye los órganos responsables de la ingestión, digestión y absorción de nutrientes, así como de la eliminación de los residuos no aprovechados (Getty, 2005). El rumen ocupa gran parte del lado izquierdo de la cavidad abdominal y actúa como un compartimento de almacenamiento y fermentación, en el cual los microorganismos degradan los alimentos en compuestos más simples, de manera que como resultado de este proceso se generan ácidos grasos volátiles, los cuales constituyen la principal fuente de energía para el animal (Chicaiza Sánchez *et al.*, 2024).

El retículo cumple la función de retener y regurgitar partículas de alimento de mayor tamaño hacia la cavidad bucal, donde son nuevamente masticadas en un proceso conocido como rumia, lo que permite reducir el tamaño de partícula y aumentar la producción de saliva, además de que el retículo actúa como sitio de acumulación de cuerpos extraños ingeridos accidentalmente (Reddy y Hyder, 2023).

El omaso es un órgano de estructura laminar que participa en la absorción de agua, electrolitos y compuestos provenientes del rumen, incluyendo aquellos ácidos grasos volátiles que no fueron previamente absorbidos, y asimismo contribuye a la

reducción del tamaño de las partículas antes de su paso hacia el abomaso (Nava Cuéllar y Díaz, 2001).

El abomaso, conocido como el estómago glandular, es el único compartimento que secreta ácido clorhídrico y enzimas digestivas, siendo funcionalmente equivalente al estómago de los monogástricos (Linn *et al.*, 2021). Anatómicamente se divide en una región fúndica, responsable de la secreción de enzimas, y una región pilórica, con menor actividad secretora, donde la porción proximal presenta baja motilidad, lo que permite el paso selectivo de líquidos hacia el duodeno (Relling y Mattioli, 2003).

2.6. Requerimientos Nutricionales de los Ovinos

Los requerimientos nutricionales de los ovinos varían en función de diversos factores, entre los que destacan el sistema de producción, el estado fisiológico, el sexo, la edad y el peso vivo, variaciones que determinan las necesidades específicas de nutrientes en cada etapa productiva y que hacen necesario ajustar las dietas de acuerdo con dichas condiciones, de modo que, aunque existen diferentes metodologías para estimar los requerimientos nutricionales en ovinos, uno de los sistemas más utilizados es el propuesto por el National Research Council (NRC), el cual establece valores de referencia para energía metabolizable, proteína, minerales como calcio y potasio, así como vitaminas, en función de la etapa productiva del animal (Romero y Bravo, 2012).

Cuadro 1. Requerimientos nutricionales diarios de ovejas de 60 kg de peso vivo según el estado fisiológico. Fuente: adaptado de CSIRO (2007). MS = materia seca; PV = peso vivo; EM = energía metabolizable; PT = proteína total; Ca = calcio; P = fósforo; Vit. A = vitamina A.

Estado fisiológico	MS (kg)	MS (%PV)	EM (Mcal)	PT (g)	Ca (g)	P (g)	Vit. A (UI)
Manutención	1.1	1.8	2.2	98	3.1	2.9	1530
Gestación temprana (15 semanas de gestación)	1.3	2.1	2.6	117	3.1	2.9	1530
Gestación tardía (últimas 6 semanas de gestación)	1.9	3.2	3.97	177	4.4	4.1	5100
Lactancia temprana (primeras 8 semanas de lactancia con parto simple)	2.3	3.9	5.41	239	11.5	8.2	5100

MS = Materia seca; PV = Peso vivo; EM = Energía metabolizable; PT = Proteína total; Ca = Calcio; P = Fósforo; Vit. A = Vitamina A.

2.6.1. Requerimientos de energía en los ovinos

Los ovinos requieren una adecuada provisión de energía para mantener sus funciones corporales, incluyendo el crecimiento, la reproducción y la producción, energía que se obtiene principalmente a partir de los carbohidratos y lípidos presentes en la dieta, de manera que la disponibilidad energética depende en gran medida de la digestibilidad de los alimentos, la cual está influenciada por la composición química de los forrajes, ya que los forrajes verdes presentan una mayor digestibilidad debido a su alto contenido de azúcares solubles y almidón, así como a una menor proporción de carbohidratos estructurales, aunque, a medida que las plantas maduran, su contenido de fibra aumenta y la concentración de compuestos

fácilmente digeribles disminuye, lo que reduce la eficiencia en la obtención de energía por parte del animal (González y Tapia, 2017).

Las raciones para ovinos suelen incluir una combinación de fuentes energéticas y fibrosas, tales como granos, henos y pellets de alfalfa, de modo que en sistemas más tecnificados los alimentos balanceados comerciales integran estos componentes en proporciones adecuadas para cubrir los requerimientos nutricionales, aunque la calidad de los ingredientes es un factor determinante, ya que los alimentos en mal estado o con procesos de deterioro pueden afectar negativamente la digestibilidad y el consumo voluntario del animal (Giraudó *et al.*, 2014).

2.6.2. Requerimientos de proteínas

Las proteínas son nutrientes esenciales que participan en la formación de tejidos, el mantenimiento corporal y diversos procesos metabólicos en los ovinos, y aunque pueden contribuir de manera indirecta al suministro energético, su función principal está relacionada con el crecimiento, la producción y la reparación de tejidos, de manera que la calidad de la proteína es un factor más relevante que su cantidad, ya que una deficiencia proteica afecta negativamente el crecimiento y la productividad, especialmente en animales jóvenes, mientras que, por el contrario, una suplementación excesiva incrementa los costos de producción sin necesariamente mejorar el desempeño productivo, por lo que resulta fundamental considerar tanto la cantidad como la calidad de la proteína en la dieta (Giménez, 1994).

En rumiantes, la proteína se clasifica en diferentes fracciones de acuerdo con su solubilidad y degradabilidad en el sistema digestivo, fracciones que incluyen la A

(nitrógeno no proteico), la B (subdividida en B1, B2 y B3) y la C (proteína no degradable), lo cual permite estimar su disponibilidad para el animal y optimizar su utilización en función de los requerimientos nutricionales (NRC, 2001).

Cuadro 2. Fracciones de las proteínas con base en su solubilidad y degradabilidad.

Fracción	Componente	Características
A	Nitrógeno no proteico (NNP)	Soluble; degradación rápida en el rumen.
B1	Proteína verdadera	Rápidamente degradada en el rumen.
B2	Proteína verdadera	Degradada principalmente en el rumen y en el intestino delgado.
B3	Proteína de sobrepaso	Degradación lenta en el rumen; asociada a la pared celular; digestión principalmente en el intestino delgado.
C	Proteína insoluble	Asociada a la lignina; no se degrada en el rumen ni en el intestino delgado; proteína no utilizable.

2.6.3. Aporte de minerales

Los minerales desempeñan funciones esenciales en el organismo de los ovinos, participando en procesos estructurales, metabólicos y fisiológicos, ya que elementos como el calcio (Ca) y el magnesio (Mg) son fundamentales en la formación y el mantenimiento de huesos y dientes, mientras que el potasio (K) y el sodio (Na) intervienen en la regulación de la presión osmótica y en el equilibrio ácido-base del organismo, de modo que, de acuerdo con sus requerimientos, los minerales se clasifican en macrominerales, como calcio (Ca), fósforo (P), potasio (K), sodio (Na), cloro (Cl), magnesio (Mg) y azufre (S), necesarios en mayores cantidades, y microminerales o minerales traza, como cobalto (Co), cobre (Cu), yodo (I), hierro (Fe), manganeso (Mn), molibdeno (Mo), selenio (Se) y zinc (Zn), que

se requieren en menores concentraciones, aunque su exceso puede resultar tóxico para el animal (INATEC, 2016).

La principal fuente de minerales para los rumiantes son los forrajes, ya sea consumidos directamente en el pastoreo o suministrados en el comedero, de manera que el aporte de este nutriente desde las plantas hacia los ovinos es variable, dependiendo del tipo de planta, la madurez, la parte y la cantidad consumida por los animales, e incluso el proceso de almacenaje puede hacer variar algunos componentes minerales (Troncoso, 2014; Arthington y Ranches, 2021).

2.6.4. Requerimientos de vitaminas

Las vitaminas son compuestos orgánicos esenciales que participan en múltiples procesos metabólicos en los ovinos, de manera que los rumiantes adultos en particular pueden sintetizar algunas vitaminas gracias a los microorganismos presentes en el rumen, lo que reduce la necesidad de su suplementación dietética en condiciones normales, ya que en el caso de las vitaminas hidrosolubles, como las del complejo B y la vitamina C, su síntesis ruminal suele ser suficiente para cubrir los requerimientos del animal, aunque en situaciones de estrés o alta demanda productiva puede ser necesario su aporte adicional (Cuadro 3) (Romero y Bravo, 2012).

Aunque los microorganismos del rumen son capaces de sintetizar vitamina K, las vitaminas A, D y E deben ser suministradas a través de la dieta, ya que su síntesis endógena es limitada o inexistente, por lo que su adecuado aporte es fundamental

para mantener la salud, el crecimiento y la eficiencia productiva de los ovinos (McDowell, 2012).

Cuadro 3. Requerimientos de vitaminas para rumiantes y caballos (unidades por kg de dieta).

Animal	A	D	E	K	Tiamina
Ganado Vacuno	UI	UI	UI		
Corral de engorde	2200	275		MS	MS
Novillas y vacas preñadas	2800	275		MS	MS
Vacas lactantes y toros	3900	275		MS	MS
En crecimiento	-	-	15-60	-	MS
Ganado lechero	UI	UI	UI		
En crecimiento	2200	300	25	MS	MS
Vacas lactantes y toros	3200	1000	15	MS	MS
Sustituto de leche para terneros	3800	600	40		6.5PPM
Ovino	UI	UI/100 kg BW			
Ovejas de reposición 60 kg	1567	555	15	MS	MS
Ovejas gestantes, 70 kg	3306	555	15	MS	MS
Ovejas lactantes, 70 kg	2380	555	15	MS	MS
Carnero de reposición, 70 kg	1979	555	15	MS	MS
Ovejas de mantenimiento, 70 kg	2742	555	15	MS	MS
Cabras	UI	UI	UI		
Todas las clases	5000	1400	100	MS	MS
Caballos	UI	UI	UI		Mg
En crecimiento	2000	800	80	MS	3
Mantenimiento	2000	300	50	MS	3
De trabajo	2000	300	80	MS	5
Preñadas	3000	600	80	MS	3
Lactantes	3000	600	80	MS	3

NRC (1996). Nutrient Requirements of Beef Cattle. National Academy of Sciences-National Research Council, Washington, D.C.

MS microbial synthesis.

NRC (1989). Nutrient Requirements of Dairy Cattle. National Academy of Sciences National Research Council, Washington, D.C.

2.6.5. Requerimientos de agua

El agua es el segundo nutriente más esencial después del oxígeno para el sustento de la vida y el mantenimiento de las funciones fisiológicas en los ovinos, ya que participa en procesos metabólicos, digestivos y de regulación térmica, de manera que una deficiencia de más del 20 % de agua corporal puede llegar a provocar la muerte (Arsenopoulos *et al.*, 2026).

Una deficiencia en su consumo puede comprometer la supervivencia del animal en menor tiempo que la deficiencia de otros nutrientes, ya que la restricción en el suministro de agua puede afectar negativamente la respuesta inmune, el consumo de alimento y la capacidad del animal para enfrentar condiciones de estrés ambiental, de modo que el acceso continuo a agua de calidad es un factor determinante en el bienestar y la eficiencia productiva del ganado, cuyas necesidades hídricas pueden ser cubiertas a través de tres fuentes principales: el agua de bebida, el agua contenida en los alimentos y el agua metabólica generada durante los procesos fisiológicos (Smith, 2023).

Cuadro 4. Consumo de agua por categoría, según la temperatura (litros/día/animal)
Fuente: Manual de producción ovina (2008).

Categoría de ovino	Temperatura (°C)			
	15	20	25	30
Corderos en crecimiento	2	2.6	3	4
Ovejas no preñadas o en gestación temprana	2 a 2.5	2.6 a 3.3	3 a 3.8	4 a 5
Ovejas en gestación tardía	3 a 3.5	3.9 a 4.6	4.5 a 5.3	6 a 7
Con corderos únicos	3.5 a 4.5	4.6 a 5.9	5.3 a 6.8	5 a 9
Con corderos mellizos	-	-	-	-
Ovejas en lactancia primer mes	4 a 4.5	5.2 a 5.9	6 a 6.8	8 a 9
Meses posteriores	3 a 4	3.9 a 5.2	4.5 a 6	6 a 8

El suministro de agua de calidad es un factor fundamental para el bienestar y la rentabilidad de los sistemas de producción ovina, por lo que es indispensable garantizar el acceso continuo a agua limpia, fresca y de fácil disponibilidad, ya que, aunque los ovinos pueden cubrir parte de sus requerimientos hídricos a través del consumo de forraje, la ingesta total de agua está influenciada por factores como el peso corporal, el propósito productivo y las condiciones ambientales, de manera que, en términos generales, las recomendaciones de consumo varían según la categoría del animal y la época del año, habiéndose estimado que los ovinos requieren aproximadamente 3.8 L de agua por día en invierno, 5.7 L en ovejas lactantes y 1.9 L en corderos en etapa de finalización, variaciones que reflejan la relación entre los requerimientos fisiológicos y el consumo voluntario de agua (Meehan, 2015; Kumar, 2013).

El consumo excesivo de agua también puede generar alteraciones en la salud del animal, ya que, en condiciones normales, cuando el agua se proporciona de manera continua y a libre acceso, no se presentan problemas asociados a su consumo, aunque cuando el acceso ha sido restringido por periodos prolongados y posteriormente se restablece de forma ilimitada, puede ocurrir un consumo excesivo, lo que puede provocar trastornos digestivos, incluyendo diarreas, por lo que en estos casos se recomienda que la reintroducción del agua se realice de manera gradual, de modo similar a como un alto consumo de agua puede presentarse cuando los animales ingieren forrajes con elevado contenido de humedad, como pastos verdes o ensilados (Pugh, 2020).

2.7. Alternativas de alimentación para los ovinos

En la etapa de engorde, la alimentación de los ovinos se basa en dietas con alto contenido energético, generalmente formuladas con granos como maíz, cebada y avena, los cuales favorecen una mayor ganancia de peso y mejoran las características de la canal, de manera que la transición de una dieta basada en forraje a una con mayor proporción de concentrado debe realizarse de forma gradual, con el fin de evitar trastornos digestivos, por lo que se recomienda iniciar con un 25 % de concentrado, incrementándolo aproximadamente en un 10 % semanal hasta alcanzar niveles de 75 a 80 %, manteniendo al menos un 20 % de forraje para asegurar el adecuado funcionamiento ruminal (García *et al.*, 2012).

Tradicionalmente, la alimentación de los pequeños rumiantes se ha basado en el uso de insumos convencionales como cereales, forrajes y leguminosas, los cuales permiten cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, aunque la creciente

demanda de estos recursos ha generado problemáticas relacionadas con la sostenibilidad, incluyendo el uso intensivo de la tierra y el agua, así como el incremento en las emisiones de gases y la competencia por superficies agrícolas destinadas a la producción de alimentos (Halmemies-Beauchet-Filleau *et al.*, 2018).

En este contexto, se ha planteado la necesidad de desarrollar estrategias de alimentación más sostenibles mediante la incorporación de recursos alternativos, entre los que se incluyen los subproductos y coproductos agroindustriales, las leguminosas forrajeras, el uso de insectos como fuente proteica y el aprovechamiento de residuos hortícolas, los cuales representan opciones viables para mejorar la eficiencia de los sistemas de producción ovina (De Evan *et al.*, 2020).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación Geográfica

El estudio se realizó del mes de mayo a junio de 2024, en la unidad experimental del Departamento de Ciencias Básicas de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Unidad Laguna ubicada en las coordenadas geográficas 25°33'23"N 103°22'15"W a 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.



Figura 4. Mapa de la unidad experimental del departamento de Ciencias Básicas.

3.2. Diseño experimental

El experimento se desarrolló bajo un diseño en bloques completos al azar, en el que se utilizaron nueve ovinos mestizos machos agrupados en bloques de acuerdo con

su peso vivo inicial, con un rango promedio entre 18 y 19 kg, de manera que dentro de cada bloque los ovinos fueron asignados aleatoriamente a uno de tres tratamientos alimenticios, con tres animales por tratamiento ($n = 3$) y considerando a cada ovino como una unidad experimental independiente.

Los tratamientos se establecieron en función de la proporción de concentrado comercial (18 % de proteína cruda) y alfalfa en la dieta, de modo que el tratamiento T1 consistió en 80 % de concentrado y 20 % de alfalfa, el T2 en 50 % de concentrado y 50 % de alfalfa, y el T3 en una dieta compuesta al 100 % por alfalfa, ajustándose las raciones semanalmente en función del peso vivo de cada animal, al ofrecer una cantidad equivalente al 8 % de su peso corporal, con el fin de cubrir sus requerimientos nutricionales.

3.3. Manejo General

Los ovinos se alojaron de manera individual en corrales metálicos previamente desinfectados, donde el suministro de alimento y agua fresca se realizó dos veces al día, a las 7:00 y a las 16:00 h (Figuras 5 y 6), mientras que la limpieza y desinfección de los corrales se llevó a cabo diariamente durante la mañana, mediante aspersión con un desinfectante comercial (AnimalCare®) (Figura 7).

3.4. Variables Evaluadas

Las variables evaluadas fueron el consumo de alimento, el consumo de agua y la ganancia diaria de peso (GDP) de los ovinos criados bajo diferentes sistemas de alimentación.

El consumo de alimento se registró diariamente a las 7:00 y a las 16:00 h durante todo el periodo experimental, utilizando una báscula digital (Torrey SX40®) para pesar la ración ofrecida y el alimento rechazado, de manera que a partir de estos registros se calculó el consumo real de alimento por cada unidad experimental.



Figura 5. Preparación y distribución de las raciones experimentales. Fuente: elaboración propia.

El consumo de agua se cuantificó diariamente a las 7:00 y a las 16:00 h durante todo el periodo experimental, registrando la cantidad ingerida por cada animal antes de ofrecer la siguiente toma, mediante el uso de cubetas con capacidad de seis litros.



Figura 6. Recolección y medición del consumo de agua. Fuente: elaboración propia.

La ganancia diaria de peso (GDP) se obtuvo a partir del registro del peso corporal individual de los ovinos, el cual se midió semanalmente utilizando una báscula ganadera, de manera que la GDP se calculó dividiendo la diferencia de peso entre dos mediciones consecutivas entre el número de días del periodo evaluado, expresándose en kilogramos por día (kg/d).



Figura 7. Revisión clínica y manejo sanitario de los ovinos durante el periodo experimental. Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis estadístico

En este caso los datos de consumo de agua, consumo de alimento iniciador y ganancia de peso se analizaron mediante modelos lineales mixtos, con el fin de considerar las mediciones repetidas en el tiempo realizadas de cada borrego. 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. El borrego se incluyó como efecto aleatorio para considerar la variabilidad individual entre animales.

El modelo estadístico utilizado fue el siguiente:

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

donde Y_{ijk} corresponde a la variable de respuesta (consumo de agua, consumo de alimento iniciador o ganancia de peso), 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, C_k es el efecto aleatorio del becerro 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. Consumo de alimento

El consumo de alimento mostró un incremento progresivo a lo largo del periodo experimental en los tres tratamientos, con un efecto significativo de la semana de evaluación ($P < 0.001$), aunque sin diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.753$) y con una interacción significativa tratamiento $\times$ semana ($P = 0.002$) (Figura 8). Durante las primeras semanas el consumo fue bajo y relativamente similar entre los grupos, mientras que a partir de la semana 3 se observó un incremento más marcado, seguido de una estabilización en la semana 4 y de un nuevo aumento hacia las semanas finales, donde se alcanzaron los valores más altos.

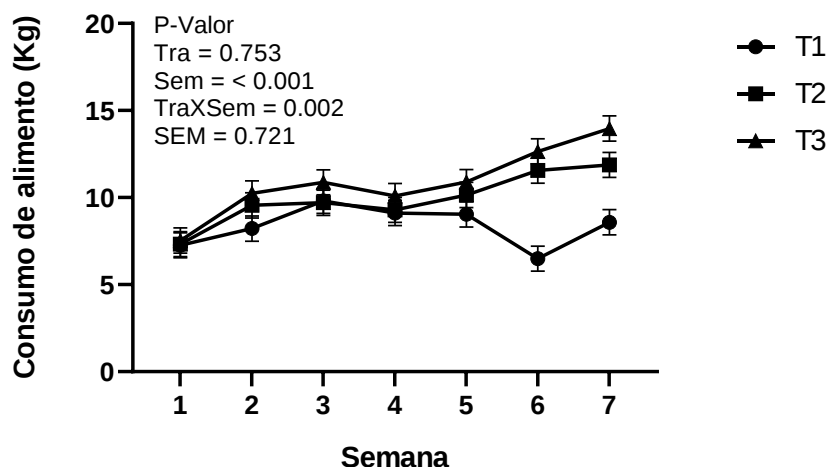


Figura 8. Consumo semanal de alimento (kg) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra $\times$ Sem = interacción tratamiento $\times$ semana. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

El efecto significativo del tiempo refleja el crecimiento normal de los animales y el aumento de su capacidad de ingestión conforme avanzó el desarrollo ruminal, mientras que la interacción tratamiento $\times$ semana indica que el patrón de consumo a lo largo del tiempo no fue idéntico entre T1 y T3, particularmente en las semanas intermedias y finales. La ausencia de diferencias en el consumo promedio entre tratamientos, pese a la distinta proporción de concentrado pudiera deberse en parte por el reducido tamaño de muestra ($n = 3$ por tratamiento), y en parte por un mecanismo fisiológico, ya que en los rumiantes el consumo voluntario está regulado tanto por el llenado físico del rumen, asociado a la fibra de los forrajes, como por la regulación metabólica o quimiostática, asociada a la densidad energética del

concentrado, de manera que los animales tienden a ajustar su ingestión para mantener un aporte energético comparable.

Este comportamiento concuerda con lo reportado por Sadrarhami et al. (2022), quienes no encontraron diferencias en el consumo ni en la conversión alimenticia entre dietas con 50 y 70 % de concentrado, así como con Papi et al. (2011), quienes observaron que, si bien el consumo de materia seca varía con la relación forraje:concentrado, los efectos son graduales. No obstante, otros estudios sí reportan mayor consumo al aumentar el concentrado (Chishti et al., 2022; Omar et al., 2019), diferencia que puede atribuirse a sus mayores tamaños de muestra y periodos experimentales más prolongados, lo que les confiere mayor capacidad para detectar efectos que en el presente estudio pudieron quedar enmascarados.

Desde el punto de vista metodológico, se recomienda aumentar el número de animales por tratamiento y prolongar la duración del ensayo, con el fin de caracterizar con mayor precisión el comportamiento del consumo y distinguir mejor el efecto del sistema de alimentación.

4.2. Consumo de agua

El consumo total de agua fue similar entre los tres tratamientos, sin diferencias estadísticas significativas ($P \geq 0.05$), con valores que oscilaron entre 1.640 y 3.800 L/día y una media de 2.545 L/día durante todo el periodo experimental, además de una variabilidad reducida representada por el error estándar de la media (Figura 9). En este estudio el agua estuvo disponible en sus tres formas (la ingesta voluntaria directa por bebida, el agua contenida en los alimentos y el agua metabólica), aunque

la evaluación se centró únicamente en la ingesta voluntaria directa (De Freitas *et al.*, 2021).

Esto es relevante porque el consumo de agua es un rasgo de alta variabilidad, ya que la NRC (2007) señala que la ingesta de agua en los ovinos depende de múltiples factores, como el peso corporal, el consumo de materia seca, el sexo, la raza, la productividad y la etapa fisiológica del animal, de manera que con tres animales por grupo resulta difícil separar el efecto del tratamiento del error experimental.

Desde el punto de vista del mecanismo, el principal determinante del consumo voluntario de agua es la ingesta de materia seca, ya que ambas variables están estrechamente correlacionadas, pues a mayor consumo de alimento es mayor la demanda hídrica para la fermentación ruminal, la salivación, el transporte de nutrientes y la excreción. En esta línea, Herbster *et al.* (2025) demostraron en ovinos de pelo que el consumo de materia seca es la variable que mejor predice la ingesta de agua ($WI = 0.1282 + 2.4186 \times CMS$; $R^2 = 0.70$), por lo que la homogeneidad observada en el consumo de agua entre tratamientos es congruente con un consumo de materia seca también similar entre los grupos durante buena parte del periodo.

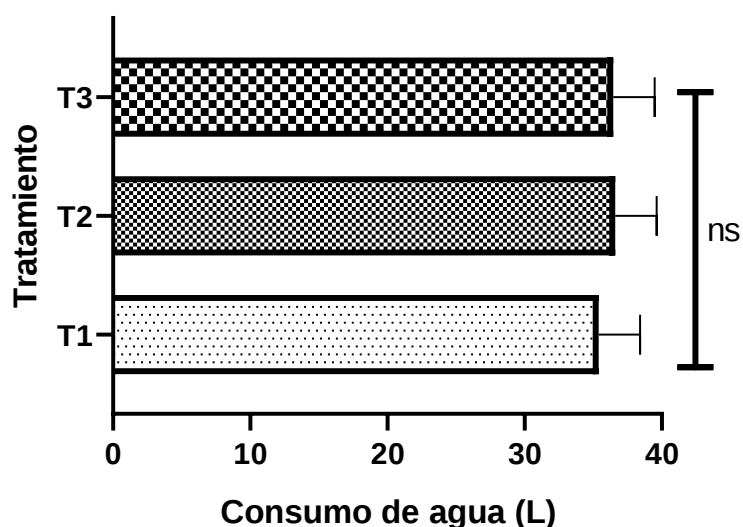


Figura 9. Consumo total de agua (L) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). ns = no significativo ($P \geq 0.05$).

Los valores obtenidos coinciden estrechamente con los reportados por De Freitas et al. (2021), quienes registraron una ingesta total de agua promedio de 3.15 L/día (2.99 ± 1.36 L/día) en corderos jóvenes, cifra muy cercana a la media de 2.545 L/día del presente estudio, y propusieron, al igual que aquí, el rasgo de consumo residual de agua (RWI) ante la falta de indicadores que midan la eficiencia en el uso del agua.

Desde el punto de vista metodológico, se recomienda incrementar de forma sustancial el número de animales, registrar de manera simultánea el consumo de materia seca para expresar la ingesta de agua por kilogramo de materia seca consumida, y considerar las variables ambientales (temperatura y humedad) que modifican la demanda hídrica, de modo que el efecto real del sistema de alimentación pueda distinguirse con mayor precisión del error de medición.

4.3. Ganancia diaria de peso

La ganancia de peso aumentó de manera progresiva conforme avanzaron las semanas de evaluación, con un efecto significativo del tiempo ($P < 0.001$), sin diferencias significativas entre tratamientos ($P = 0.773$) y con una interacción significativa tratamiento $\times$ semana ($P = 0.007$) (Figura 10). Durante las primeras semanas las ganancias fueron menores y similares entre los grupos, mientras que conforme avanzó el periodo se observó un incremento constante en todos los tratamientos, con una separación gradual de las curvas a partir de las semanas intermedias y los valores más altos hacia el final del estudio.

La interacción significativa indica que el patrón de ganancia de peso a lo largo del tiempo difirió entre tratamientos, con incrementos más pronunciados en los que incluyeron concentrado, lo cual constituye una tendencia coherente con el mayor aporte de energía y proteína de esas dietas. Desde el punto de vista del mecanismo, una mayor disponibilidad de proteína y energía favorece la síntesis de tejido muscular y el desarrollo ruminal, lo que concuerda con lo descrito por De Assis et al. (2023) y Sileshi et al. (2021), quienes señalan que una ración con alto contenido de proteína (20 %) desempeña un papel crucial en el crecimiento y el aumento de masa corporal, al generar una mayor ganancia de peso y una mejor conversión alimenticia.

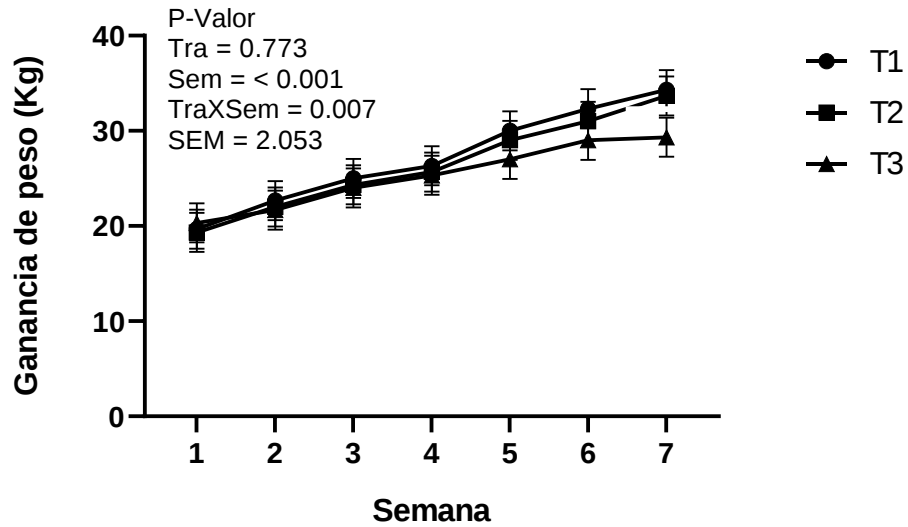


Figura 10. Ganancia de peso (kg) en ovinos sometidos a los tratamientos T1, T2 y T3 durante el periodo experimental. Los valores se presentan como medias $\pm$ error estándar de la media (SEM). Tra = efecto de tratamiento; Sem = efecto de la semana; Tra $\times$ Sem = interacción tratamiento $\times$ semana. Las diferencias se consideraron significativas cuando $P < 0.05$.

De manera consistente, Cui et al. (2019) demostraron que, a niveles bajos de energía, proteína o ambos, la ganancia de peso y la eficiencia alimenticia disminuyen, lo cual coincide con lo reportado por Atti et al. (2004), quienes, al suplementar corderos con una dieta alta en proteína durante sus primeras seis semanas, obtuvieron una mayor tasa de crecimiento en comparación con los animales alimentados con bajo nivel proteico, hallazgo congruente con el hecho de que los animales jóvenes requieren altas ingestas de proteína y energía para asegurar el desarrollo del rumen. Asimismo, diversos estudios confirman que los ovinos que reciben complementación alimenticia presentan mayor conversión alimenticia y ganancia diaria de peso (Macías-Cruz et al., 2016; López et al., 2010), tendencia que también se respalda en trabajos donde el aumento del nivel de

concentrado mejoró la ganancia diaria de peso en corderos (Sadrarhami *et al.*, 2022; Omar *et al.*, 2019).

Dado que la tendencia favorable a las dietas con concentrado no alcanzó significancia, se recomienda que futuras investigaciones evalúen estas variables con un mayor número de animales por tratamiento y durante periodos más prolongados, e incorporen indicadores de eficiencia como el consumo residual de alimento (RFI) y la conversión alimenticia, de manera que el efecto del sistema de alimentación sobre la ganancia de peso pueda estimarse con mayor precisión y respaldar mejor la toma de decisiones en los sistemas de producción ovina.

5. CONCLUSIONES

El consumo de alimento, el consumo de agua y la ganancia diaria de peso de los ovinos no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres sistemas de alimentación evaluados, aunque las tres variables mostraron un incremento significativo a lo largo del tiempo, así como una interacción tratamiento $\times$ semana que indica que su comportamiento no siguió exactamente el mismo patrón entre tratamientos. Cabe destacar que la ganancia de peso mostró una tendencia numérica más favorable en las dietas con mayor proporción de concentrado. Bajo las condiciones de este estudio, el consumo de agua se mantuvo estrechamente relacionado con el consumo de alimento, lo que confirma que la ingesta de materia seca es el principal factor que determina la demanda hídrica de los ovinos.

Por lo anterior, se recomienda evaluar estas variables con un mayor número de unidades experimentales y durante periodos más prolongados, registrar el consumo en términos de materia seca y considerar las condiciones ambientales, así como incorporar indicadores de eficiencia como el consumo residual de agua (RWI) y el consumo residual de alimento (RFI), con el fin de generar información más precisa que contribuya a la toma de decisiones y a la optimización de los sistemas de producción ovina.

6. REFERENCIAS

- Arronis Díaz, V. 2010. Manual de recomendaciones sobre sistemas intensivos de producción de carne. MAG/INTA. Costa Rica.
- Arsenopoulos, K. V., Diakidi, D. S., Katsarou, E. I., Michalopoulou, E., Papadopoulos, E., O'Doherty, J., Vlasίου, M. y Fthenakis, G. C. 2026. Water in livestock and poultry nutrition: a review on consumption and quality. *Water*. 18(9):1072.
- Arthington, J. D. y Ranches, J. 2021. Trace mineral nutrition of grazing beef cattle. *Animals*. 11(10):2767.
- Atti, N., Rouissi, H. y Mahouachi, M. 2004. The effect of dietary crude protein level on growth, carcass and meat composition of male goat kids in Tunisia. *Small Ruminant Research*. 54(1-2):89-97.
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F. y Perea-Peña, M. 2021. Dinámica de la producción y consumo de carne ovina en México 1970 a 2019. *Agronomía Mesoamericana*. 32(3):963-982.
- Bobadilla-Soto, E. E., Ochoa-Ambriz, F. y Perea-Peña, M. 2022. El sistema de producción de traspatio maíz-ovino en pueblos mazahuas del Estado de México. *Terra Latinoamericana*. 40:e1.
- Cantalapiedra-Hijar, G., Abo-Ismael, M., Carstens, G., Guan, L., Hegarty, R., Kenny, D., McGee, M., Plastow, G., Relling, A. y Ortigues-Marty, I. 2018. Biological

determinants of between-animal variation in feed efficiency of growing beef cattle. *Animal*. 12(2):321-335.

Chávez-Espinoza, M., Cantú-Silva, I., González-Rodríguez, H. y Montañez-Valdez, O. D. 2022. Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*. 27(1):2246.

Chicaiza Sánchez, L. A., Andrade Aulestia, P. M., Garzón Jarrín, R. A., Andrade Valencia, J. A. y Yáñez Bungacho, E. R. 2024. Manual de salud y bienestar animal en sistemas de producción de poligástricos. Editorial SciELa.

Chishti, M. F. A., Bhatti, S. A., Nawaz, H. y Riaz, M. 2022. Effect of forage to concentrate ratio on growth performance and feeding behavior of Thalli lambs. *Tropical Animal Health and Production*. 54(5):282.

CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. 270 p. CSIRO Publishing. Australia.

Cui, K., Qi, M., Wang, S., Diao, Q. y Zhang, N. 2019. Dietary energy and protein levels influenced the growth performance, ruminal morphology and fermentation and microbial diversity of lambs. *Scientific Reports*. 9(1):16612.

De Assis, R. G., dos Santos, I. J., Gasparina, J. M., Bandoria, N. A., Alves, B., Dias, P. C. G., Vicente, A. C. S., Soares, L. C. B., Polizel, D. M. y Biava, J. S. 2023. Granos de cerveza húmedos como fuente de proteína para corderos de engorde: impacto en la ingesta, digestibilidad aparente de nutrientes,

- fermentación ruminal y balance de nitrógeno. *Small Ruminant Research*. 223:106978.
- De Evan, T., Cabezas, A., de la Fuente, J. y Carro, M. D. 2020. Alimentación de corderos livianos con subproductos agroindustriales: influencia en el rendimiento del crecimiento, digestibilidad de la dieta, balance de nitrógeno, fermentación ruminal y metabolitos plasmáticos. *Animals*. 10(4):600.
- De Freitas, A. C. B., Bartholazzi Junior, A., Quirino, C. R. y Da Costa, R. L. D. 2021. Water and food utilization efficiencies in sheep and their relationship with some production traits. *Small Ruminant Research*. 197:106334.
- Figueredo-Basulto, L. y Iser del Toro, M. 2005. Los ovinos. Una producción de bajos insumos. *Revista Electrónica de Veterinaria*. 6(9):1-19.
- García, G., Prieto, M. y Ardenghi, P. 2012. Engorde de ovinos: una alternativa para el problema de la sequía. *Sitio Argentino de Producción Animal*. pp. 191-194.
- Getty, R. E. 2005. *Sisson y Grossman: anatomía de los animales domésticos*. 5.^a ed. Elsevier.
- Giménez, D. M. 1994. *Nutrient requirements of sheep and goats*. Alabama A&M University y Auburn University.
- Giraudó, C., Villar, M. L. y Villagra, E. 2014. *Engorde de ovinos y caprinos a corral*. Ediciones INTA.

- González, V. y Tapia, M. 2017. Manual de manejo ovino. Boletín INIA N.º 3. Sitio Argentino de Producción Animal.
- Guerra, R., Quinteros, O., Masaquiza, J. y Moyano, J. 2023. Fenotipificación de dos sistemas de producción de ovinos Pelibuey (*Ovis aries*) en la Amazonia ecuatoriana. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 7(4):1833-1834.
- Halmemies-Beauchet-Filleau, A., Rinne, M., Lamminen, M., Mapato, C., Ampapon, T., Wanapat, M. y Vanhatalo, A. 2018. Alternative and novel feeds for ruminants: nutritive value, product quality and environmental aspects. *Animal*. 12(s2):s295-s309.
- Herbster, C. J. L., Brito Neto, A. dos S., Chagas, J. C. C., Marcondes, M. I., Justino, E. dos S., Rocha, A. C., Silva, L. P. da, Bezerra, L. R., Chay-Canul, A. J., Santos, S. A., Oliveira, R. L. y Pereira, E. S. 2025. Prediction of water intake in hair sheep: development of a new model. *Frontiers in Animal Science*. 6:1694789.
- Hernández Montiel, W., Ramos Juárez, J., Aranda Ibáñez, E. M., Hernández Mendo, O., Munguía Flores, V. M. y Oliva Hernández, J. 2016. Uso potencial y limitantes de la leguminosa *Canavalia ensiformis* en la salud y productividad de los ovinos. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 4(10):187-196.
- Hernández-Marín, J. A. 2017. Contribución de la ovinocultura al sector pecuario en México. *Agroproductividad*. 10(3):87-93.

- Herrera-Haro, J., Álvarez-Fuentes, G., Bárcena-Gama, R. y Núñez-Aramburu, J. 2019. Caracterización de los rebaños ovinos en el sur de Ciudad de México, México. *Acta Universitaria*. 29:e2026.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2017. Impulsa el INIFAP cruzamiento de ovinos para incrementar la producción nacional de carne. Disponible en: gob.mx/inifap.
- Instituto Nacional Tecnológico (INATEC). 2016. Manual del protagonista: nutrición animal. Dirección General de Formación Profesional. Nicaragua.
- Koch, R. M., Swiger, L. A., Chambers, D. y Gregory, K. E. 1963. Efficiency of feed use in beef cattle. *Journal of Animal Science*. 22(2):486-494.
- Kumar, S. 2013. Modern technologies for sustainable agriculture. New India Publishing.
- Lara-Rivera, A., Parra-Bracamonte, G., Flores-Garibay, R., Martínez-González, J., Magaña-Monforte, J. y Moreno-Medina, V. 2024. Caracterización de los sistemas de producción de ovinos de pelo en el valle de Mexicali, Baja California, México. *Revista Bio Ciencias*. 11:e1546.
- Linn, J., Otterby, D., Howard, T., Shaver, R., Hutjens, M. y Kilmer, L. 2021. The ruminant digestive system. University of Minnesota.
- López, M. A., Ramírez, R. G., Aguilera-Soto, J. I., Aréchiga, C. F., Méndez-Llorente, F. y Rodríguez, H. 2010. Effect of ractopamine hydrochloride and zilpaterol

hydrochloride on growth, diet digestibility, intake and carcass characteristics of feedlot lambs. *Livestock Science*. 131(1):23-30.

Macías-Cruz, U., Avendaño-Reyes, L., Vicente-Pérez, R., Álvarez-Valenzuela, F. D. y Correa-Calderón, A. 2016. Crecimiento y características de canal en corderos finalizados con clorhidrato de zilpaterol en pastoreo de alfalfa. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 7(2):243-252.

Mahgoub, O., Osman, N. y Lu, C. D. 2025. Nutrient utilization and requirements in sheep and goats raised under different systems and fed low nutritional novel feeds for meat production. *Animals*. 15(18):2658.

Matesanz, J. A. 1965. Introducción de la ganadería en Nueva España, 1521-1535. *Historia Mexicana*. 14(4):533-566.

McDowell, L. R. 2012. *Vitamins in animal nutrition: comparative aspects to human nutrition*. Elsevier.

Meehan, M., Stokka, G. y Mostrom, M. 2015. *Livestock water requirements*. NDSU Agriculture. Estados Unidos.

Mireles-Martínez, E. J., Rojas-Hernández, S., Valencia-Almazán, M. T., Gutiérrez-Segura, I. y Olivares-Pérez, J. 2011. Empadre controlado, distribución de partos y prolificidad en ovejas de pelo en el trópico seco de Guerrero, México. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*. 12(11):1-13.

- Nava Cuéllar, C. y Díaz, A. 2001. Introducción a la digestión ruminal. Sitio Argentino de Producción Animal.
- National Research Council (NRC). 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7.^a ed. rev. National Academy Press. Washington, D.C.
- National Research Council (NRC). 2007. Nutrient requirements of small ruminants: sheep, goats, cervids, and New World camelids. National Academies Press. Washington, D.C.
- Omar, A. E., Al-Khalaifah, H. S., Osman, A., Gouda, G. F., Comar, M. y Ismail, T. A. 2019. Effect of feeding different concentrate roughage ratio on growth, reproductive performance and behavior of sheep. Slovenian Veterinary Research. 56(Suppl 22):793-801.
- 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.
- Patiño, R., Da Silva, F., Schmidt, D. y Da Silva, T. 2010. Aplicación y evaluación de un modelo de predicción de consumo de agua en ovinos de pelo. Revista Colombiana de Ciencia Animal (RECIA). 2(1):93-103.
- Pugh, D. G. 2020. Sheep, goat, and cervid medicine. 3.^a ed. Elsevier.

- Reddy, P. y Hyder, I. 2023. Ruminant digestion. En: Textbook of veterinary physiology. pp. 353-366.
- Relling, E. A. y Mattioli, A. G. 2003. Fisiología digestiva y metabólica de los rumiantes. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Nacional de La Plata. pp. 2-13.
- Robles Jiménez, L. E., Partida de la Peña, J. A., Arechavaleta Velasco, M. E. y Domínguez Vara, I. A. 2022. Correlación entre variables ante mortem y post mortem en canales de ovinos producidos en México. Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. 13(1):115-126.
- Romero, O. y Bravo, S. 2012. Fundamentos de la producción ovina en la Región de La Araucanía. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Chile.
- Sadrrahimi, I., Ghoorchi, T., Hassani, S. y Hashemi, S. R. 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.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2018. Creció 70 por ciento la producción en el sector ovino nacional con alta calidad genética. Disponible en: gob.mx/agricultura.
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER). 2024. Detrás de la ovinocultura: una mirada a la crianza de ovejas en México. Disponible en: gob.mx/agricultura.

- Secretaría de Economía. 2024. Meat of ovine and caprine animals, fresh, chilled or frozen. Data México. Disponible en: economia.gob.mx/datamexico.
- Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR). 2019. Ovinocultura: criação e manejo de ovinos de corte. SENAR. Brasil.
- Sileshi, G., Animut, G. y Urge, M. 2021. Effects of dietary energy and protein levels on nutrient intake, digestibility, and body weight change in Hararghe highland and Afar sheep breeds of Ethiopia. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*. 8(2):185-196.
- Smith, M. C. y Sherman, D. M. 2023. Goat medicine. 3.^a ed. Wiley-Blackwell.
- Troncoso, H. 2014. Alimentación mineral en pequeños rumiantes. *Entorno Ganadero*. 42.
- Ulloa-Arvizu, R., Gayosso-Vázquez, A. y Alonso-Morales, R. 2009. Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) mediante el análisis del gen citocromo c oxidasa subunidad I. *Técnica Pecuaria en México*. 47(3):323-328.
- Vargas-Bello-Pérez, E., López Díaz, C. A., Ruiz-Romero, R. A., Chay-Canul, A. J., Lee-Rangel, H. A., González-Ronquillo, M., Ghavipanje, N. y Tajonar, K. 2023. A brief update on sheep production in Mexico: challenges and prospects. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 26(3):103.