

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL



**DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE DIETAS CON HENO (*Avena sativa*) y
ALFALFA (*Medicago sativa*) PARA OVINOS**

Por

GALLEGOS BARRERA VICTORIA GUADALUPE

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2026

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN ANIMAL

DIGESTIBILIDAD DE LA MATERIA SECA DE DIETAS CON HENO (*Avena sativa*)
y ALFALFA (*Medicago sativa*) PARA OVINOS

Por

VICTORIA GUADALUPE GALLEGOS BARRERA

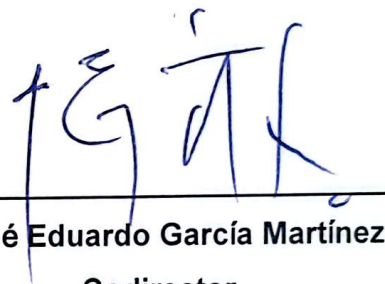
TESIS

Que se Somete Consideración del H. Jurado Examinador como Requisito
Parcial para Obtener el Título de
INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA

Aprobado por:



Dr. Julio César Espinoza Hernández
Director



Dr. José Eduardo García Martínez
Codirector



Dr. Francisco Alonso Rodríguez Huerta
Asesor



M.E. Laura Oliva Fuentes Lara
Asesor



M.C. Pedro Carrillo López
Coordinador de la División de Ciencia Animal



Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2026

DERECHO DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal quien es responsable directo y juro bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en el plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos: Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); por comprar, robar, pedir prestado los datos o las tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citas textualmente sin usar comilla; utilizar ideas o razonamiento de un autor sin citar; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor. Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ninguna otra institución educativa, organización medio público o privado.

Atentamente

Alma Terra Mater



Gallegos Barrera Victoria Guadalupe

Pasante

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio 2026

AGRADECIMIENTOS

A mi Alma Terra Mater, **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO** por darme la oportunidad de realizarme en mi carrera profesional y darme las herramientas necesarias para concluir. Gracias

Al **Dr. Julio Cesar Espinoza Hernández**, por brindarme la oportunidad de realizar el proyecto, por su paciencia y enseñanzas a lo largo de mi formación académica y por su amistad. Gracias por todo.

A mis maestros de licenciatura, por ser parte fundamental a lo largo de mi formación académica como Ingeniero Agrónomo Zootecnista.

A mi familia, porque cada quien me apoyo a su forma de manera incondicional y siempre me dio motivación para seguir adelante. Gracias.

A mi padre, **Jorge Luis Gallegos Montes**, por su apoyo en estos años de mi formación académica, a su modo siempre me estuvo apoyando y motivando a seguir adelante, Gracias.

A mi pareja, **Miguel Ángel González Valadez**, por su amor, paciencia y apoyo incondicional durante este proceso. Gracias por creer en mí y en mis metas, y por ser mi refugio y mi motivación para concluir con éxito esta etapa de mi vida profesional.

A mis amigos, **Julieta, Christian y Lesly**, por su amistad sincera e incondicional, por estar a mi lado en cada momento bueno o malo, por cada risa, consejo abrazo durante este proceso. Gracias.

A todas las amistades y compañeros sin excepción que me brindo la universidad durante todo este proceso. Gracias.

DEDICATORIA

A mi madre, **Jessica Anabel Barrera Sierra**, por ser el pilar fundamental sobre el cual he construido mi vida y mis aspiraciones. Gracias por tu sacrificio constante, por tu amor incondicional y por enseñarme el verdadero valor de la perseverancia. Este trabajo de tesis y el título profesional que de él emana son el resultado directo de tus oraciones, tus desvelos y tu fe incondicional en mí. Culminar mi formación académica en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro es un orgullo que el día de hoy comparto contigo, porque este logro es, antes que nadie, tuyo.

A mi hermano, **Jorge Luis Gallegos Barrera**, por su lealtad, sus palabras de aliento y por su apoyo cuando más lo necesite, aunque con diferencias y desacuerdos, gracias por comprender mis ausencias y por celebrar conmigo cada pequeña victoria.

RESUMEN

El presente experimento se realizó en la Unidad Metabólica, perteneciente al departamento de Nutrición Animal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Se estudiaron ocho borregos machos de raza criolla en fase de crecimiento, con un peso inicial de 21.482 ± 4.5 kg para el tratamiento 1 (T1), y de 22.389 ± 4.5 kg para el tratamiento 2 (T2), organizados bajo un diseño completamente aleatorio en dos tratamientos diferentes: T1 (60 % de concentrado + 40 % de avena) y T2 (60 % de concentrado + 40 % de alfalfa). El esquema incluyó un periodo de adaptación de quince días seguido de una etapa experimental de dos semanas. Los animales fueron ubicados individualmente en jaulas metabólicas equipadas con sistemas separados para la recolección automática total de excreciones durante periodos de veinticuatro horas. La dieta se limitó al 5 % del peso vivo en Base Seca (BS), distribuyéndose en dos porciones diarias (08:00 h y 16:00 h), manteniendo el acceso al agua *ad libitum*. Se registró el peso diario de los excrementos, la orina y los alimentos no consumidos, conservando muestras del 10 % que fueron homogeneizadas mediante molienda fina (2–3 mm en molino Wiley) para los análisis de materia seca total a 110 °C. Se evaluaron las variables de Materia Seca (MS), Digestibilidad *In Vivo* de la Materia Seca (DIVMS), Materia Orgánica (MO), Cenizas (C). Los datos obtenidos fueron analizados por un diseño completamente al azar, en el PROC GLM del programa computarizado SAS.

Tratamiento T1 (Concentrado + Avena): Mostró un contenido de cenizas del 10.91 % y una fracción de MO del 88.41 %. Este alto porcentaje de cenizas supera los rangos normales de la avena integral (4 % a 7 %), estos resultados podrían estar vinculado al impacto aditivo y al cambio mineral del concentrado comercial utilizado.

Tratamiento T2 (Concentrado + Alfalfa): Registró un 8.99 % de cenizas y un 90.38 % de MO. La cantidad de cenizas se ajusta a lo que se indica en la bibliografía técnica sobre leguminosas, que destacan por su capacidad de raíz para asimilar macrominerales fundamentales como el calcio, el magnesio y el potasio.

La medición de la digestibilidad de la materia seca realizada in vivo reveló diferencias estadísticamente muy relevantes ($p < 0.05$) entre los dos tratamientos: La alimentación compuesta principalmente de alfalfa (T2) logró un DIVMS del $60.314 \% \pm 8.199$, superando en aproximadamente 11 puntos a la alimentación a base de avena (T1), que obtuvo un $49.393 \% \pm 9.500$.

Palabras claves: Digestibilidad, ovinos, nutrición, alfalfa, avena.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIA	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE DE CUADROS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	3
3. OBJETIVOS	5
3.1. Objetivo General	5
3.2. Objetivos Específicos	5
4. HIPÓTESIS	5
5. REVISIÓN DE LITERATURA	6
5.1. Valor energético del heno de avena (<i>Avena sativa</i>) y heno de alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	6
5.2. La ovinocultura a nivel nacional y local	8
5.3. Indicadores Poblacionales	9
5.4. Sistemas de producción y variabilidad genética	11
5.5. Avena sativa: Clasificación botánica, características y uso forrajero	14
5.6. Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>), su uso forrajero	16
5.7. Digestibilidad <i>in vivo</i>	18
5.8. Microorganismos del rumen	19
5.9. Digestión de la proteína en rumiantes	21
5.10. Fibra Detergente Neutro (FDN): Concepto y relevancia nutricional	23
5.11. Degradabilidad ruminal	23
5.12. Comportamiento de ovinos (<i>Ovis aries</i>) en confinamiento (jaulas metabólicas) y su estructura	24
5.13. Modificación del presupuesto de tiempo (time-Budget)	26
6. MATERIALES Y MÉTODOS	28
6.1. Descripción del área de estudio	28
6.2. Manejo de los animales y su alimentación	28
6.3. Recolección de muestras	29
6.4. Determinación de materia seca	29

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
7.1. Contenido de materia orgánica y cenizas	32
7.2. Impacto de la fracción fibrosa	33
7.3. Variabilidad de los datos (desviación estándar)	34
8. CONCLUSIONES	36
9. BIBLIOGRAFÍA	38

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.- Composición nutricional (base seca) de la avena (<i>Avena sativa</i>).....	6
Cuadro 2.- Composición nutricional (base seca %) de la alfalfa (<i>Medicago sativa</i>)	7
Cuadro 3.- Ganadería tradicional e intensiva sus diferencias	8
Cuadro 4.- Producción por estado.....	10
Cuadro 5.- Caracterización zootécnica y distribución de razas ovinas (<i>Ovis aries</i>) en México.....	11
Cuadro 6.- Parámetros productivos y ventajas competitivas del ovino criollo mexicano	14
Cuadro 7.- Rendimiento Y calidad nutricional de Avena (<i>Avena sativa</i>) por estado fenológico.....	15
Cuadro 8.- Rendimiento Y calidad nutricional de Alfalfa (<i>Medicago sativa</i>) por estado fenológico.....	17
Cuadro 9.- Clasificación, función y productos de los microorganismos ruminales	20
Cuadro 10.- Digestión, fraccionamiento proteico y destino metabólico en rumiantes ..	22
Cuadro 11.- Composición bromatológica (% Cenizas y % Materia Orgánica) de los tratamientos experimentales.	32
Cuadro 12.- Digestibilidad in vivo de la materia seca (%) con ovinos.	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.- Modificación del presupuesto de tiempo	27
--	----

1. INTRODUCCIÓN

La ovinocaprinocultura constituye una de las actividades pecuarias más relevantes dentro del sector agropecuario de México, con un impacto considerable en la economía rural, la seguridad alimentaria y el desarrollo de empleos, sobre todo en regiones bajo condiciones climáticas y suelos desfavorables para otros tipos de producción animal. A nivel nacional, México se encuentra entre los principales productores de ganado ovino y caprino en América Latina; de acuerdo con información de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), el hato nacional presenta cifras significativas, con una producción destinada mayormente al suministro de carne y productos derivados, los cuales son parte esencial de la dieta y la cultura gastronómica en varias regiones del país (Chavez *et al.*, 2021).

El estado de Coahuila, y en particular el municipio de Saltillo, representan una zona clave para esta actividad. Las condiciones áridas y semiáridas de la región, caracterizadas por precipitaciones limitadas y vegetación adaptada a la sequía, hacen que la cría de ovinos y caprinos sea una opción productiva muy adecuada, ya que estas especies tienen una notable capacidad de adaptación y pueden aprovechar recursos forrajeros de baja calidad. En Saltillo, la ovinocaprinocultura se lleva a cabo tanto en sistemas familiares de pequeña escala como en unidades de producción más avanzadas, desempeñando un papel crucial en la economía local y en el sustento de numerosas familias del ámbito rural. Sin embargo, a pesar de su importancia, esta actividad enfrenta desafíos significativos, siendo la alimentación uno de los factores que limita el rendimiento productivo y la rentabilidad de los sistemas (Ruiz Zarate *et al.*, 2012).

La alimentación representa entre el 60 y el 70 % de los gastos de producción en la ganadería, por lo que es fundamental buscar, evaluar y utilizar recursos forrajeros locales, económicos con un alto valor nutricional para optimizar la eficiencia de los sistemas de producción (Núñez-Torres, 2017).

Sin embargo, el uso de alfalfa (*Medicago sativa*) como componente principal en las dietas de pequeños rumiantes, frente a las limitaciones ambientales del Norte del país, plantea retos en términos metabólicos, agronómicos y bioenergéticos. Desde un punto de vista fisiológico, la ingestión de alfalfa joven o con un alto contenido de hojas eleva considerablemente el peligro de meteorismo espumoso, dado que provoca una rápida liberación de proteínas solubles en el rumen, lo que interfiere con el proceso de fermentación y puede poner en riesgo la salud del ganado. Además, la significativa huella hídrica vinculada a la producción de materia seca de esta leguminosa en fuentes de agua sobreexplotadas requiere una revisión de su uso eficiente en la alimentación (Rodríguez *et al.*, 2026).

Dentro de los recursos disponibles en la región, la avena (*Avena sativa*) es una planta de la familia de las gramíneas ampliamente cultivada, empleándose tanto para la producción de grano como para forraje, y su preservación en forma de heno es una práctica habitual para asegurar el suministro de alimento en temporadas secas. No obstante, a pesar de su amplia utilización, hay escasa información técnica concreta sobre su comportamiento nutricional, sus niveles de consumo, su digestibilidad y la degradabilidad de sus componentes cuando se utiliza como alimento principal o único para ovinos y caprinos (Ramírez Ordóñez *et al.*, 2013).

Aquí es donde se encuentra la relevancia de este estudio: crear datos científicos y técnicos que faciliten una comprensión completa del valor nutricional y digestivo del heno de avena. De esta manera, se proporcionará información y recursos a los productores, técnicos e investigadores, los cuales contribuyan a perfeccionar los programas de alimentación, incrementar la producción y hacer que la ovinocaprinocultura en la región de Saltillo y en el país sea más rentable y sostenible.

2. JUSTIFICACIÓN

La crianza de pequeños rumiantes en las zonas áridas y semiáridas de México es un elemento esencial para la subsistencia de las comunidades rurales. Sin embargo, la sostenibilidad de estos sistemas productivos está sumamente restringida por aspectos biofísico y económicos, como la variación estacional en la disponibilidad de forrajes nutritivos y el alto costo de los alimentos concentrados. En este contexto, el heno de avena (*Avena sativa*) se presenta como una opción forrajera clave por su adaptabilidad agronómica, accesibilidad económica y por su contenido de materia seca. A pesar de su uso generalizado en la alimentación de ovinos, la inclusión de este recurso en las dietas se ha basado históricamente en métodos empíricos, careciendo de una base científica que analice su digestibilidad y calidad nutricional real en dichas áreas. De igual forma, la alfalfa (*Medicago sativa*) se establece como el recurso forrajero principal, sirviendo como la fuente fundamental de proteína de alta calidad que se descompone fácilmente en el rumen, aminoácidos esenciales y calcio, nutrientes esenciales para optimizar las ganancias diarias de peso en las fases de engorda (Ramírez *et al.*, 2018).

La falta de forrajes de buena calidad y elevado precio de los alimentos concentrados son los principales obstáculos que afecta la producción de los pequeños rumiantes en las zonas áridas y semiáridas de México. En esta situación el heno de avena surge como una opción viable, accesible y económica; sin embargo, su utilización se fundamenta más en costumbres que en investigación sobre su calidad nutricional. Es esencial conocer con exactitud cuanto consumen los animales, que parte del alimento es realmente digerida y asimilada, y como se degradan sus componentes en el rumen, para poder evaluar su verdadero valor y su capacidad de satisfacer las necesidades nutricionales de estas especies (Terán-Céspedes *et al.*, 2023).

Asimismo, al explorar estos temas a fondo, se podrán establecer las bases para crear estrategias de manejo nutricional que faciliten el aprovechamiento de este recurso, disminuir gastos y reducir el efecto ambiental de la actividad, factores claves para el avance sostenible de la ganadería en la región. Por esta razón, esta investigación resulta

esencial para atestar vacíos de conocimiento y brindar información útil que se pueda aplicar directamente en el sector productivo (Avila-Miramontes *et al.*, 2022).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el consumo voluntario, la digestibilidad aparente *in vivo*, así como la degradabilidad de la materia seca, para establecer su valor nutricional y su uso potencial en la alimentación de pequeños rumiantes en la región de Saltillo, Coahuila.

3.2. Objetivos Específicos

Determinar la digestibilidad aparente *in vivo* de las dietas a evaluar.

Determinar la materia orgánica y ceniza de las dietas a evaluar.

4. HIPÓTESIS

La inclusión del heno de *Avena sativa* y *Medicago sativa* muestra niveles satisfactorios en la digestibilidad aparente *in vivo* que permiten considerarlos como un recurso forrajero de buena calidad nutricional en la región de Saltillo.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Valor energético del heno de avena (*Avena sativa*) y heno de alfalfa (*Medicago sativa*)

El heno de avena (*Avena sativa*) se produce a partir de la cosecha de la planta completa antes de que florezca por completo, aunque en ciertas ocasiones se empaca en diferentes estados fenológicos. Este forraje es bastante apetitoso, posee un nivel energético promedio y ofrece fibra que fomenta la rumia. La calidad de este heno depende del momento a cosechar y de cómo se seque y almacene, presenta un aporte energético moderado – alto (López, 2026) (Cuadro 1).

Las pacas se pueden encontrar en formas cuadradas o circulares, y puede ser triturado o usado completo en comederos. Su color óptimo es amarillo verdoso, con tallos flexibles y hojas perceptibles. En ciertas ocasiones, se pueden observar pacas con un matiz amarillo pálido, indicativo de la etapa de cosecha (más rígido) o del tiempo de conservación, sin que esto signifique necesariamente baja calidad, siempre que mantenga un buen olor y textura (Zhang & Rocateli, 2017).

Cuadro 1.- Composición nutricional (base seca) de la avena (*Avena sativa*)

Nutriente	Valor aproximado
Energía metabolizable (EM)	1.8-2.2 Mcal/kg
Proteína cruda (PC)	6-9 %
Proteína no degradable (Bypass)	1.5-2.5 %
Nitrógeno degradable en rumen (NDR)	4-6 %
Fibra total	40-55 %
Fibra detergente neutro (FDN)	50-60 %
Fibra detergente ácido (FDA)	30-40 %
Grasa	1.5-2.0 %
Cenizas	6-8 %
Calcio (Ca)	0.25-0.35 %
Fósforo (P)	0.15-0.20 %

Magnesio (Mg)	0.15-0-20 %
Sodio (Na)	<0.05 %
Microminerales	Presentes variables

(Fernandez. 2002)

El forraje de alfalfa (*Medicago sativa*) se elabora al deshidratar preferiblemente en fases previas a la floración o en el brote inicial, etapa donde el contenido de nutrientes logra su mejor equilibrio biológico. Sin embargo, las ventanas operativas y las variaciones climáticas estacionales condicionan, en la práctica ganadera, el envasado del forraje en distintos grados de madurez morfológica (Orloff & Putnam, 2007).

Este recurso se distingue por su excepcional sabor y la elección de su consumo de forma voluntaria en pequeños rumiantes, lo que ha sido ampliamente respaldado en los modelos de comportamiento de alimentación que se han descrito (Baumont *et al.*, 2000).

La composición química de este heno es el producto de varios factores, incluyendo el grado de madurez en el momento de la cosecha, la velocidad de secado en el campo y la eficacia de los métodos de almacenamiento (Kahyani *et al.*, 2013) (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Composición nutricional (base seca %) de la alfalfa (*Medicago sativa*)

Nutriente	Etapa de madurez		
	Estado de botón	Floración inicial	Floración completa
Materia Seca (MS %)	18.0 – 22.0	22.0 – 25.0	25.0 – 28.0
Proteína Bruta (PB)	21.0 – 23.5	17.0 – 20.0	13.5 – 15.5
Proteína Degradable	78.0 – 82.0	72.0 – 76.0	65.0 – 70.0
Fibra Detergente Neutro	38.0 – 42.0	44.0 – 48.0	50.0 – 55.0
Fibra Detergente Ácido	26.0 – 29.0	30.0 – 34.0	36.0 – 41.0
Lignina Ácido	6.5 – 7.2	7.5 – 8.5	9.0 – 11.0
Detergente			
Carbohidratos No	24.0 – 27.0	20.0 – 23.0	16.0 – 19.0

Fibrosos			
Extracto Etéreo (Grasa)	2.2 – 2.8	1.8 – 2.2	1.2 – 1.6
Cenizas Totales	10.0 – 11.5	8.5 – 10.0	7.5 – 8.5
(Minerales)			
Calcio (Ca)	1.35 – 1.50	1.20 – 1.35	1.00 – 1.15
Fósforo (P)	0.28 – 0.32	0.22 – 0.26	0.18 – 0.21
Energía Metabolizable	2.45 – 2.60	2.20 – 2.35	1.90 – 2.10
(EM)			
Nutrientes Digestibles	65.0 – 68.0	59.0 – 63.0	53.0 – 56.0
Totales (NDT)			
(Contreras Govea, 2019)			

5.2. La ovinocultura a nivel nacional y local

La cría de pequeños rumiantes (*Ovis aries* y *Capra hircus*) en México forma un agroecosistema complejo que presenta marcadas diferencias en aspectos socioeconómicos, tecnológicos y ecológicos (Cuadro 3). A nivel nacional, la producción de ovinos y caprinos se realiza principalmente mediante un enfoque extensivo tradicional para el sustento, lo que ayuda a reducir la vulnerabilidad financiera en comunidades rurales situadas en zonas áridas y desfavorecidas. Por otra parte, la situación local en el sureste de Coahuila, específicamente en Saltillo, muestra un cambio hacia métodos semi-intensivos e intensivos altamente específicos. Esta región se distingue por una cuidadosa selección de características fenotípicas y programas institucionales de mejora genética, diseñados para maximizar la producción de carne y leche en condiciones climáticas áridas (Patida *et al.*, 2017).

Cuadro 3.- Ganadería tradicional e intensiva sus diferencias

Componente del Sistema	Variables Analizadas	Sistema Extensivo Tradicional	Extensivo Tradicional Sistema Intensivo / Semi-intensivo (Sureste de Coahuila - Saltillo)
Tecnológico	Base alimenticia	Pastoreo libre en	Dietas balanceadas en

		agostaderos, matorral xerófilo y rastrojos de cosecha.	corral (forrajes cultivados como alfalfa/sorgo y concentrados).
	Manejo reproductivo	Monta continua; predominio de genotipos criollos o rústicos.	Monta controlada, inseminación artificial, sincronización de celos; razas puras (<i>Dorper</i> , <i>Katahdin</i> , <i>Saanen</i> , <i>Alpina</i>).
	Sanidad y bienestar animal	Calendario sanitario deficiente; tratamientos reactivos; alta mortalidad en crías.	Medicina preventiva estricta (vacunación, desparasitación en corral).
Ecológico	Presión sobre el recurso suelo	Alto riesgo crítico de sobrepastoreo, compactación y desertificación de zonas áridas.	Nula por pastoreo directo (en confinamiento); moderada en áreas de pastoreo controlado.
	Sustentabilidad ambiental	Baja huella de insumos externos, pero alta degradación de la biodiversidad vegetal nativa.	Alta eficiencia técnica, pero elevada huella hídrica indirecta (por el cultivo de forrajes) y retos en manejo de efluentes.

(Chavez *et al.*, 2021)

5.3. Indicadores Poblacionales

En México, la cría de ovinos se presenta como una opción económica vital para afrontar las limitaciones geográficas y los bajos ingresos en estas áreas rurales. El censo

nacional de ovinos señala que hay cerca de 8.6 millones de cabezas, distribuidas aproximadamente en 50,000 unidades de producción. Al mismo tiempo, la población de individuos se aproxima a los 8.7 millones, siendo Puebla, Oaxaca y San Luis Potosí los estados con mayor densidad, donde predominan sistemas de pastoreo extensivos sobre agostaderos degradados (Vázquez-Martínez *et al.*, 2016).

Cuadro 4.- Producción por estado

Estado	Producción (toneladas)	Animales sacrificados (cabezas)
Aguascalientes	863.699	33,702
Baja California	302.569	14,711
Baja California Sur	230.449	13,825
Campeche	1,759.429	101,374
Coahuila	712.561	34,256
Colima	113.108	6,389
Chiapas	1,966.855	99,777
Chihuahua	1,647.033	78,137
Ciudad de México	215.860	9,364
Durango	480.636	26,905
Guanajuato	2,445.771	120,423
Guerrero	1,467.876	75,169
Hidalgo	6,969.005	333,422
Jalisco	5,310.900	232,953
México	9,670.821	436,359
Michoacán	1,954.066	95,224
Morelos	747.099	35,230
Nayarit	256.278	12,046
Nuevo León	1,902.264	118,115
Oaxaca	2,589.132	141,337
Puebla	4,567.843	211,644Anim

Querétaro	1,125.363	47,464
Quintana Roo	506.904	26,141
San Luis Potosí	3,008.754	132,103
Sinaloa	1,247.170	72,242
Sonora	535.988	26,513
Tabasco	338.407	18,352
Tamaulipas	1,485.126	89,413
Tlaxcala	3,268.176	138,099
Veracruz	6,108.156	314,023
Yucatán	1,090.531	59,280
Zacatecas	4,439.124	216,161
Total	69,326.953	3,370,153

(Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera, 2024)

5.4. Sistemas de producción y variabilidad genética

La disposición de las razas en México está determinada rigurosamente por los objetivos del mercado y las condiciones climáticas (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Caracterización zootécnica y distribución de razas ovinas (*Ovis aries*) en México

Raza	Características	Lugar de origen
Black belly	Animal rustico y prolífico Capacidad de cría de dos o tres corderos Resistente a parásitos y enfermedades Peso hembra: 40-45 kg. Peso macho: 60-80 kg.	Jalisco, Tamaulipas, San Luis Potosí, Sinaloa, Veracruz, Tabasco, Eso. De México, Chiapas, Campeche, Querétaro, Yucatán y Puebla. (Amador Zaragoza & Xavier, 2009)
Charollais	Se destaca por su notable conformación, aumento de peso y calidad de la canal.	Querétaro, Jalisco e Hidalgo

Dorper	Peso hembra: 90-110 kg. Peso macho: 120-150 kg.	Distribución en todo México.
	Raza cárnica. Adaptación a diversos climas desde templado frío, hasta seco y tropical. Excelente conformación de cuartos traseros.	
Dorset	Peso hembra: 80-95 kg. Peso macho: 120-130 kg.	Jalisco, Guanajuato, Aguascalientes, Chiapas, Tlaxcala e Hidalgo
	Producción de corderos en el país.	
East Friesian	Peso hembra: 60-70 kg. Peso macho: 120-160 kg.	Querétaro, Guanajuato, Jalisco e Hidalgo.
	Raza lechera (más de 3 litros de leche en condiciones óptimas). Peso hembra: 70 kg. Peso macho: 90-120 kg.	
Hampshire	Raza cárnica. Rápido aumento de peso y excelente conversión alimenticia. Alta rusticidad.	Puebla, Tlaxcala, Querétaro, Veracruz, México, Hidalgo y DF
	Peso hembra: 80-110 kg. Peso macho: 140-180 kg.	
Katahdin	Raza cárnica. Especie prolífica. Excelente capacidad materna. Buena producción láctea. Resistente a parásitos.	Explotada en todos los climas desde los fríos y los templados hasta los tropicales.
	Destaca por su precocidad, comportamiento de pastoreo y ganancia de peso post-destete.	

	Adaptable a diversos climas. Peso hembra: 60-75 kg. Peso macho: 120-130 kg.	
Pelibuey	Raza materna para la cría de corderos. Animales rústicos y prolíficos. Peso hembra: 50-60 kg. Peso macho: 85-100 kg.	Representa la mayor existencia de ovinos en México, difundida en todos los climas en los estados de la república.
Rambouillet	Productora de lana con un grosor de entre 19-22 micras. Alta resistencia y capacidad productiva en condiciones adversas. Peso hembra: 70-80 kg. Peso macho: 120-150 kg.	San Luis Potosí, Guanajuato, Durango, Zacatecas, Coahuila e Hidalgo.
Romanov	Alta prolificidad (3-5 corderos por parto). Alta adaptabilidad a cualquier tipo de clima. Su precocidad facilita que el primer parto sea antes del año. Peso hembra: 50 kg. Peso macho: 80-90 kg.	Querétaro, Jalisco, Hidalgo y Guanajuato.
Saint Croix	Raza de pelo. Resistente a pastoreo en zonas de alta insolación. Peso hembra: 45-50 kg. Peso macho: 70-90 kg.	Nuevo León, Tamaulipas y San Luis Potosí
Suffolk	Raza cárnica Conformación cárnica excelente y crecimiento acelerado. Peso hembra: 80-100 kg.	Hidalgo, Querétaro, Morelos, Aguascalientes, Veracruz, Jalisco, Chihuahua y Distrito

Peso macho: 130-170 kg.

Federal.

(Arteaga Castelán, 2007)

Las razas de ovinos criollos nativos de México son una fuente valiosa de diversidad genética, influenciada por más de quinientos años de selección natural y adaptación a diferentes sistemas agropecuarios. Estos genotipos locales presentan tasas de crecimiento y rendimiento de carne que son cuantitativamente inferiores a las de las razas comerciales especializadas. Sin embargo, tienen una mayor aptitud biológica en condiciones adversas. Sus cualidades productivas se basan en características de notable resiliencia: una robusta respuesta inmunológica ante enfermedades parasitarias gastrointestinales comunes, eficiencia metabólica en el uso de forrajes de escaso valor nutricional y una capacidad reproductiva adaptable en situaciones de estrés nutricional o térmico (Hernández *et al.*, 2022) (Cuadro 6).

Cuadro 6.- Parámetros productivos y ventajas competitivas del ovino criollo mexicano

Parámetro Productivo	Rango en Criollos Mexicanos	Ventaja Competitiva
Peso al nacer	2.0 a 3.0 kg	Partos fáciles, baja incidencia de distocias.
Peso al destete (90 días)	12 a 16 kg	Alta supervivencia de la cría en pastoreo.
Prolificidad (Crías/parto)	1.1 a 1.4 (lana)/ 1.3 a 1.7 (pelo)	Frecuencia regular de partos dobles en condiciones óptimas.
Estacionalidad reproductiva.	Prácticamente nula (pelo)/ ligera (lana)	Capacidad de parir 3 veces cada 2 años (intervalo entre partos <240 días)
Resistencia Sanitaria.	Muy alta.	Tolerancia natural notable a parásitos gastrointestinales.

(Ulloa Arvizu *et al.*, 2009)

5.5. Avena sativa: Clasificación botánica, características y uso forrajero

La avena (*Avena sativa*) forma parte de la familia Poaceae, conocida como las gramíneas, que es una de las familias vegetales más relevantes por su importancia en términos económicos y alimentarios. Es una planta anual con un ciclo de primavera-invierno que se adapta a climas templados y fríos; sin embargo, tiene la capacidad de desarrollarse adecuadamente en zonas semiáridas si la humedad requerida durante sus primeras fases de crecimiento. El sistema radicular de esta planta es profundo y fibroso, lo que le permite rastrear grandes cantidades de tierra en la búsqueda de nutrientes y agua (Demagnet *et al.*, 2022) (Cuadro 7).

Desde la perspectiva de la agronomía, la avena (*Avena sativa*) es una especie con múltiples usos. La principal motivación para cultivarla es su grano, que se emplea en la alimentación de animales y del ser humano, sin embargo, toda su parte aérea es muy valiosa como forraje. Puede ser utilizada en verde, en la alimentación de pastoreo o preservada como heno (Arzadun *et al.*, 2024).

Cuadro 7.- Rendimiento Y calidad nutricional de Avena (*Avena sativa*) por estado fenológico

Estado Fenológico	Rendimiento MS (t/ha)	Proteína Cruda (PC, %)	Fibra Detergente Neutra (FDN, %)	Fibra Detergente Ácida (FDA, %)	Digestibilidad de la MS (DIVMS, %)	Energía Neta Lactancia (ENI, Mcal/kg)
Inicio de Macollamiento	1.5 – 2.5	18.0 – 22.0	42.0 – 46.0	22.0 – 25.0	75.0 – 80.0	1.65 – 1.72
Encañado / Elongación	3.0 – 4.5	14.0 – 17.0	48.0 – 53.0	26.0 – 30.0	68.0 – 73.0	1.48 – 1.55
Emergencia de Panícula	5.0 – 6.5	10.0 – 13.0	55.0 – 60.0	32.0 – 36.0	60.0 – 65.0	1.32 – 1.40
Grano Lechoso	7.0 – 8.5	8.5 – 10.0	52.0 – 57.0	30.0 – 34.0	62.0 – 66.0	1.38 – 1.45
Grano Pastoso (Óptimo)	9.0 – 11.5	7.5 – 9.0	48.0 – 54.0	28.0 – 32.0	64.0 – 68.0	1.42 – 1.50

(Arango Quispe *et al.*, 2022)

El heno como recurso forrajero.

Es el método de conservación de forrajes más antiguo y habitual, y constituye la piedra angular de la alimentación de los rumiantes en las temporadas del año en que los pastos

producen poco o nada. La cantidad de heno no es un valor invariable, si no que depende de una variedad de elementos: el tipo o la especie botánica, las condiciones climáticas durante el secado, el estado de madurez en el momento de la recolección y almacenamiento, en lo concerniente a la avena, el elemento decisivo es la madurez (Cattani, 2011).

La planta, al principio de la floración, contiene entre el 8 y el 10 % de proteína bruta y supera el 60-65 % en cuanto a la digestibilidad; sin embargo, cuando el grano alcanza su madurez total, la proteína desciende por debajo del 6 % y la digestibilidad puede reducirse a menos del 50 %, como resultado de los tejidos estructurales (pared celular) aumenta proporcionalmente y se lignifica (Francesa, 2017).

La fertilización de las cosechas, la salud de la planta y el manejo después de la cosecha son otros factores que tienen un impacto. Si el secado se realiza muy lentamente en condiciones de alta humedad o lluvia, puede ocasionar que las hojas, la parte más nutritiva de la planta, se pierdan y se desarrollen hongos. Esto disminuye considerablemente la calidad y seguridad del alimento. Por lo tanto, es necesario valorar la calidad de un heno antes de incorporar a la alimentación animal (Goncalves-Riberiro *et al.*, 2023).

5.6. Alfalfa (*Medicago sativa*), su uso forrajero

Medicago sativa (comúnmente conocida como alfalfa) es una especie de angiospermas dicotiledóneas de la familia de las Fabaceae (subfamilia *Faboideae*, tribu *Trifolieae*). El género *Medicago* incluye muchas especies anuales y perennes, de las cuales *M. sativa* es el taxón de mayor importancia socioeconómica mundial (Gashe, 2025).

La capacidad de descomponer la materia seca de alfalfa en el rumen no es una característica estática sino una variable multifactorial controlada por la madurez fenológica de la planta y las relaciones morfológicas hoja:tallo (Karayilanli & Ayhan, 2016).

En el campo de la ciencia animal, *M. sativa* está clasificada como una especie alimentaria de referencia debido a su biología única. Su biomasa aérea se caracteriza por altas concentraciones de proteína cruda (PC), que típicamente oscilan entre 18 y 25 % de materia seca (MS) durante la etapa fenológica previa a la floración (bote floral). La porción proteica tiene una composición equilibrada de aminoácidos esenciales y alta capacidad de descomposición en el rumen. Las paredes celulares de las plantas, evaluadas mediante las fracciones de Fibra Detergente Neutra (FND) y Fibra Detergente Ácida (FDA), mostraron una mayor digestibilidad que las gramíneas C3 y C4. Esto da como resultado una alta ingesta voluntaria de materia seca y una alta densidad energética en la dieta. Sin embargo, la dinámica de la lignificación en las plantas de bulbo durante la madurez fenológica (transición del estado vegetativo a la plena floración) aumenta la proporción de Lignina Ácido Detergente (LDA), lo que reduce la tasa de digestión de la materia orgánica en el organismo. Por lo tanto, optimizar el tiempo de cosecha es una compensación crítica entre el rendimiento general de biomasa y la calidad nutricional requerida para maximizar la eficiencia alimenticia (Liu *et al.*, 2022) (Cuadro 8).

Cuadro 8.- Rendimiento Y calidad nutricional de Alfalfa (*Medicago sativa*) por estado fenológico

Estado Fenológico	Rendimiento de MS (t/ha/corte)	Relación Hoja:Tallo	Proteína Bruta (PB, % de la MS)	Fibra Detergente Neutra (FDN, %)	Fibra Detergente Ácida (FDA, %)	Lignina (% de la MS)	Digestibilidad de la MS (DIVMS, %)	Valor Relativo del Forraje (VRF, Índice)
Vegetativo Temprano	1.0 – 1.5	1.6 – 1.8	24.0 – 28.0	28.0 – 32.0	20.0 – 23.0	3.5 – 4.5	75.0 – 82.0	> 170
Vegetativo Tardío	1.6 – 2.2	1.2 – 1.4	21.0 – 23.0	33.0 – 37.0	24.0 – 27.0	4.8 – 5.5	70.0 – 74.0	150 – 165
Botón Floral	2.3 – 2.8	1.0 – 1.1	19.0 – 21.0	38.0 – 41.0	28.0 – 30.0	5.8 – 6.5	66.0 – 69.0	130 – 145
Incipiente								
10% de Floración (Óptimo)	3.0 – 3.6	0.8 – 0.9	16.5 – 18.5	42.0 – 45.5	31.0 – 34.0	7.0 – 7.8	62.0 – 65.0	115 – 125
Plena Floración (>50%)	3.8 – 4.5	0.5 – 0.6	12.0 – 14.5	47.0 – 53.0	36.0 – 41.0	8.5 – 10.5	53.0 – 58.0	85 – 100
Fructificación / Semilla	4.6 – 5.2	< 0.4	9.0 – 11.5	> 55.0	> 42.0	> 11.0	< 50.0	< 80

5.7. Digestibilidad *in vivo*

Uno de los parámetros más relevantes para determinar el valor nutricional de un alimento es la digestibilidad. Se define como la parte ingerida que no se expulsa a través de las heces, lo que indica que ha sido absorbida y utilizada por el cuerpo, puede determinarse para la fibra, energía, proteína, materia orgánica y materia seca, se expresa en términos porcentuales (Ramírez-Ordóñez *et al.*, 2013).

La medición *in vivo* es el método que se toma como estándar o referencia, porque se lleva a cabo en animales vivos y muestra el proceso de digestión tal cual ocurre.

Para calcularla, es necesario medir el total de alimento ingerido y la cantidad de heces excretadas en un periodo específico (Queiroz-Mendes *et al.*, 2015).

La fórmula fundamental es:

$$\text{Digestibilidad aparente (\%)} = \left[\frac{(\text{Nutriente ingerido} - \text{Nutriente excretado en heces})}{\text{Nutriente ingerido}} \right] \times 100$$

Se le conoce como aparente porque en las heces no solo hay material indigerido del alimento, sino también compuestos endógenos (enzimas, células epiteliales y bacterias), lo cual provoca que el valor medido sea un poco más alto que la digestibilidad verdadera. No obstante, para la formulación de dietas con fines prácticos, la digestibilidad aparente es el dato más usado y suficiente (González García *et al.*, 2015).

La digestibilidad está determinada principalmente por la composición química de los alimentos, en particular por el tipo y la cantidad de fibra. Los rumiantes pueden procesar la fibra debido a su microbiota ruminal, aunque esta capacidad decrece a medida que la lignificación se incrementa. La digestibilidad de la materia seca de forrajes como el heno de avena varía entre el 50 y el 70 %, según su calidad. Esta cifra es crucial para determinar cuántos nutrientes y energía proporciona efectivamente al animal (Lachmann & Araujo-Febres, 2000).

5.8. Microorganismos del rumen

El rumen es una estructura anatómica y funcional excepcional que actúa como un enorme fermentador anaeróbico. En el ambiente ruminal existe una comunidad compleja de microorganismos, incluyendo arqueas, hongos, protozoos y bacterias. La capacidad de los rumiantes para aprovechar alimentos fibrosos que no pueden ser utilizados por otras especies animales es atribuible a esta población microbiana (Zain *et al.*, 2024).

Bacterias, son los microorganismos más numerosos y dinámicos. Hay grupos que se especializan en desintegrar distintos elementos: las bacterias hemicelulolíticas y celulolíticas, que destruyen los enlaces de la pared celular vegetal; las bacterias amilolíticas que degradan los almidones; y las proteolíticas, que destruyen las proteínas. Las bacterias que descomponen las hemicelulosas y la celulosa son las más relevantes en el proceso digestivo cuando se trata de forrajes como la avena (Nava-Cuéllar & Díaz-Cruz, 2001).

Los Protozoos, seres vivos que son más grandes y consumen bacterias y partículas alimenticias. Colaboran con la digestión de carbohidratos y proteínas, y contribuyen a controlar la rapidez de la fermentación, previniendo que se acumulen los ácidos en exceso. Los Hongos son fundamentales para descomponer tejidos muy lignificados y estructuras fibrosas resistentes, debido a que fabrican enzimas poderosas y penetran físicamente en las paredes celulares de las plantas, lo que permite que otras bacterias puedan acceder (Nava-Cuéllar & Díaz-Cruz, 2001).

Todos estos microorganismos funcionan en simbiosis: ingieren los componentes de la comida que consume el animal, lo convierten a través de la fermentación en ácidos grasos volátiles (acetato, propionato y butirato), que son la fuente de energía más importante para el animal (Castillo-González *et al.*, 2014).

Además, producen proteínas microbianas y vitaminas del complejo B, que posteriormente se dirigen y absorben en el intestino delgado; estos constituyen la mayor

parte de los nutrientes que usa el animal (Castillo-González *et al.*, 2014).

La calidad del alimento es directamente proporcional a la eficiencia de esta fermentación, para el heno de avena (*Avena sativa*), lo que define qué clase de microorganismos predominan, la rapidez con que trabajan y los productos finales es su composición química. Por lo tanto, cuando se evalúa la degradabilidad y la digestibilidad, también se está examinando la actividad de esta microbiota (Castillo-González *et al.*, 2014) (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Clasificación, función y productos de los microorganismos ruminales

Grupo Microbiano / Funcional	Especies Clave	Sustrato Principal	Productos Principales	Rol crítico en la digestión
Bacterias Celulolíticas	<i>Fibrobacter succinogenes</i> <i>Ruminococcus albus</i>	Celulosa y paredes vegetales	Acetato, Butirato, H ₂	Degradación de forrajes (avena). Estabiliza el pH ruminal.
Bacterias Hemicelulolíticas	<i>Ruminococcus flavefaciens</i> <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i>	Hemicelulosa y Pectina	Acetato, Propionato	Rompe la matriz fibrosa exógena. Libera energía estructural.
Bacterias Amilolíticas	<i>Streptococcus bovis</i> <i>Ruminobacter amylophilus</i>	Almidones y azúcares	Lactato, Propionato	Digestión de granos y concentrados. Riesgo de acidosis si se descontrola.
Bacterias Proteolíticas	<i>Prevotella ruminicola</i>	Proteínas y péptidos	Aminoácidos, Amoníaco	Generación de nitrógeno para

	<i>Ruminococcus amylophilus</i>		(NH ₃)	la síntesis de proteína microbial.
Arqueas Metanogénicas	Methanobrevibacter ruminantium	Hidrógeno (H ₂) y CO ₂	Metano (CH ₄), Agua	Eliminación del exceso de hidrógeno para mantener la termodinámica .
Hongos Ruminales	<i>Neocallimastix</i> spp. <i>Piromyces</i> spp.	Lignocelulosa compleja	Hidrolasas, H ₂	Penetración física de tejidos vegetales mediante rizoides.
Protozoos Ciliados	<i>Entodinium</i> spp. <i>Epidinium</i> spp.	Bacterias, Almidón	Ácidos grasos, H ₂	Regulación de biomasa bacteriana. Estabilización de fermentación.

(Sánchez-Santillán, 2025)

5.9. Digestión de la proteína en rumiantes

En los rumiantes, el metabolismo proteico es muy distinto al de otras especies y se divide en dos partes fundamentales: la proteína degradable en el rumen y la no degradable en el rumen y la no degradable o pasante. Cuando la proteína de los alimentos entra al rumen, las enzimas que generan las bacterias proteolíticas las atacan y las descomponen en péptidos, aminoácidos y, por último, amoníaco (Manoukian *et al.*, 2021).

Las bacterias emplean este amoníaco como fuente de nitrógeno para sintetizar su propia proteína corporal. Mas tarde, estas bacterias se trasladan al abomaso y al intestino. Entonces se digieren y su proteína es la fuente principal de aminoácidos para el animal (Rotger-Cerdá, 2004).

No obstante, no toda la proteína se descompone; una fracción pasa por el rumen sin alteraciones y luego se digiere en el tracto gastrointestinal, como sucede con los animales monogástricos (Manoukian *et al.*, 2021).

El porcentaje de las dos fracciones cambia dependiendo del tipo de alimento. La proteína en el heno de avena tiende a tener una degradabilidad ruminal alta (del 60 al 80 %), lo que es favorable, siempre y cuando exista suficiente energía disponible en el rumen para que las bacterias la empleen y no se pierda como urea en la orina. Para evitar errores en la alimentación, es crucial comprender este proceso: si hay un exceso de proteína muy degradable y no suficiente energía, se desperdicia dinero y se sobrecarga el metabolismo del animal; si ocurre lo contrario, se reduce la producción y el crecimiento (Rotger-Cerdá, 2004).

Cuadro 10.- Digestión, fraccionamiento proteico y destino metabólico en rumiantes

Fracción Proteica	Sitio de Acción Primario	Agentes Responsables	Productos Finales Intermedios / Terminales	Destino Metabólico y Utilidad para el Hospedador
Proteína Degradable en el Rumen (PDR)	Rumen (Retículo-rumen)	Bacterias, protozoos y hongos proteolíticos extracelulares.	Péptidos, aminoácidos libres y Amoníaco (NH ₃)	Uso microbiano: Fuente de nitrógeno para la síntesis de proteína bacteriana de alto valor biológico.
Proteína No Degradable en el Rumen (PNDR / Pasante)	Abomaso e Intestino Delgado	Enzimas endógenas del hospedador (pepsina, tripsina, quimiotripsina).	Péptidos pequeños y Aminoácidos libres.	Absorción directa: Pasa intacta por el rumen; se absorbe en el intestino delgado para mantenimiento, producción de carne o leche.
Proteína Microbiana (PM)	Abomaso e Intestino Delgado	Lisozimas y enzimas proteolíticas del rumiante (tras la lisis por pH ácido).	Aminoácidos esenciales y no esenciales.	Fuente principal: Representa entre el 50% y el 80% de los aminoácidos totales que llegan al duodeno; perfil óptimo de aminoácidos.

(Rodríguez *et al.*, 2007)

5.10. Fibra Detergente Neutro (FDN): Concepto y relevancia nutricional

La evaluación química de los alimentos ha progresado, y actualmente el método de análisis por detergentes es el más empleado para describir la parte fibrosa, que es esencial en la dieta de los rumiantes. Este sistema, desarrollado por Van Soest, descompone la pared celular vegetal en varias fracciones:

Uno de los indicadores más relevantes en la nutrición de rumiantes es el contenido de FDN, es el principal factor que determina lo que estos animales consumen voluntariamente. El rumen es de gran tamaño y las partículas fibrosas requieren un tiempo largo para ser descompuestas y eliminadas; por lo tanto, a mayor cantidad de FDN en un alimento, menos puede ingerir el animal (Van Soest *et al.*, 1991).

En forraje de alta calidad, la cantidad de FDN generalmente se encuentran entre el 40 y 55 %, en los forrajes de baja calidad o maduros, puede excretar el 65 %, lo que restringe considerablemente la ingesta y la provisión de energía. Para el heno de avena, un porcentaje apropiado de FDN está entre 50 y 60 %, lo que posibilita una digestión adecuada y un consumo razonable. Es fundamental establecer este valor para pronosticar la cantidad de comida que consumirán los animales y cuál será su rendimiento (Assandri *et al.*, 2010).

5.11. Degradabilidad ruminal

La degradabilidad es la rapidez y el alcance con que la microbiota ruminal degrada y transforma los componentes del alimento. La materia seca y la proteína bruta son los principales objetos de estudio, y su determinación se realiza generalmente a través de la técnica *in situ* o de bolsas suspendidas. Para ello, se ponen muestras del alimento en bolsas fabricadas con tejidos sintéticos que tienen pequeños poros; luego, las bolsas se insertan en el rumen de animales fistulados y se extraen a intervalos variables: 2, 4, 8, 12, 24, 48 y 72 horas (Orskov & McDonald, 2009).

Después, se estudia la cantidad de materia que ha desaparecido. Los hallazgos se

adecuan a modelos matemáticos que posibilitan el conocimiento de tres fracciones:

1. Fracción rápida o soluble: se descomponen en cuestión de minutos.
2. Fracción potencialmente degradable: se descompone de manera paulatina a lo largo del tiempo.
3. Fracción indigerible: sale del rumen sin alteraciones y se mantiene sin cambios (Correa-Cardona, 2008).

Además, se calcula la degradabilidad efectiva y la tasa de degradación, siendo esta última el calor real que se presenta en las condiciones de tránsito del alimento en el animal (Orskov & McDonald, 2009).

La degradabilidad efectiva de la materia seca para el heno de avena, generalmente se encuentra entre el 50 y el 65 %, mientras que la proteína bruta oscila entre el 65 % y el 80 %, dependiendo de su calidad (Correa-Cardona, 2008).

Esta información es esencial para elaborar dietas equilibradas y eficaces, ya que permite prever la cantidad de proteína y energía producidas en el rumen (Orskov & McDonald, 2009).

5.12. Comportamiento de ovinos (*Ovis aries*) en confinamiento (jaulas metabólicas) y su estructura

Entender el valor nutricional y las necesidades en la nutrición de ovinos posibilita mejorar la productividad y reducir el impacto ambiental de los sistemas pecuarios. A pesar de que hay métodos indirectos, el análisis *in vivo* brinda la estimación más precisa al tener en cuenta la tasa de pasaje digestivo, la rumia, la masticación y el contacto asociativo entre los ingredientes. Para llevarla a cabo, es necesario el confinamiento individual en aparatos especializados (Balch, 2024).

La estructura física de la jaula tiene que reducir el estrés por confinamiento y asegurar

que los productos excretados estén completamente aislados.

Estructura: las dimensiones estándar incluyen una longitud regulable de entre 1.20 metros a 1.40 metros, un ancho de entre 0.60 metros a 0.65 metros y una altura de 1.20 metros. Esto limita el giro del animal, pero le deja adoptar posiciones fisiológicas normales (bipedestación y decúbito) (Creutzinger, 2025).

Recolección de excretas: se coloca una criba de acero inoxidable bajo el piso ranurado, la cual tiene una inclinación angular determinada. La gravedad y la consistencia física facilitan que las heces se desplacen hasta una bandeja trasera, mientras que la parte líquida (orina) se filtra en dirección vertical hacia un embudo de recolección. Este diseño es fundamental para prevenir la contaminación cruzada (Koger *et al.*, 2014).

Los ovinos son animales que dependen del instinto de rebaño para garantizar su seguridad y estabilidad social, lo que los hace extremadamente gregarios. Para evitar la contaminación de las excretas y la competencia por la comida en los ensayos convencionales, es necesario aislar al individuo en jaulas metabólicas para determinar con precisión su digestibilidad (Creutzinger, 2025).

Esta transición de un ambiente grupal a uno limitado provoca respuestas neuroendocrinas que alteran la conducta y la velocidad de consumo de la ración (Chay-Canul *et al.*, 2017).

La respuesta adaptiva del sistema nervioso central ante el confinamiento se segmenta en dos etapas cinéticas distintas:

Fase de estrés agudo (1-3 día):

El ingreso a la jaula metabólica altera el patrón etológico habitual y activa el eje que conecta la hipófisis, el hipotálamo y las glándulas suprarrenales (HHA):

- ❖ Locomoción frustrada: intentos constantes de huir, forcejeo con los límites estructurales de la jaula y pisoteos sobre el suelo ranurado. (Acevedo-Parra, 2000)
- ❖ Vocalizaciones de alta frecuencia: balidos incesantes que actúan como señales de alerta grupal e intentos de recuperar el contacto con otros miembros del rebaño (Hansen *et al.*, 2001).
- ❖ Interrupción de la ingestión: debido al aumento del cortisol plasmático, se produce un rechazo parcial de la comida ofrecida (anorexia inducida por estrés), lo que hace imposible comenzar con mediciones válidas de digestibilidad en este período (Seveljevic, 2021).

Fase de homeostasis y estabilización (4-10 días)

Se produce una adaptación al ambiente físico y social de la sala experimental. El ovino mejora la utilización del espacio que tiene a su disposición coordinando los movimientos de decúbito y bipedestación sin tener los reflejos de huida, mientras que la intensidad de las vocalizaciones disminuye considerablemente. En este tiempo, es posible llegar a la fase de equilibrio metabólico que se requiere para el muestreo al estabilizar el consumo diario voluntario (Cano-Sabido & Moo-Chalé, 2025).

5.13. Modificación del presupuesto de tiempo (time-Budget)

El presupuesto de tiempo diario explica la manera en que el animal reparte las 24 horas del día. El presupuesto en condiciones de pastoreo está determinado por la locomoción y la búsqueda de forraje (Figura 1).

La inactividad y los comportamientos estáticos se hacen predominantes dentro de la jaula metabólica (Vélez-Marroquín *et al.*, 2022).

Presupuesto de tiempo

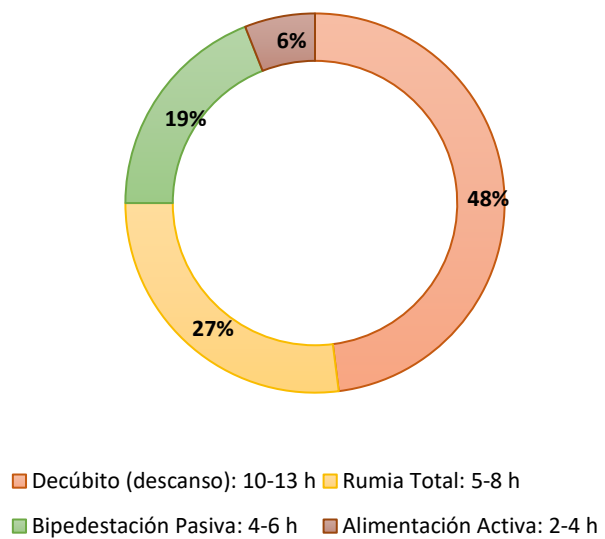


Figura 1.- Modificación del presupuesto de tiempo

(Vélez-Marroquín *et al.*, 2022)

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Descripción del área de estudio

El experimento se realizó en la Unidad Metabólica del Departamento de Nutrición Animal, de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Esta instalación se localiza geográficamente a 25°22' latitud norte y 101°22' longitud oeste, con una altura de 1742 msnm.

6.2. Manejo de los animales y su alimentación

Se emplearon 8 corderos machos de raza criolla que contaban con cerca de tres meses de edad, los cuales fueron organizados en dos grupos de cuatro individuos cada uno, de acuerdo a un diseño totalmente aleatorio y expuestos a los siguientes tratamientos de carácter experimental: 60 % concentrado + 40 % avena (T1) y 60 % concentrado + 40 % alfalfa (T2), el promedio del peso vivo de los animales estudiados fue de 21.482 ± 4.5 kg (T1), y un peso inicial de 22.389 ± 4.5 kg (T2). Al comenzar el trabajo experimental, se llevó a cabo un tiempo de adaptación de dos semanas, y la fase experimental de 10 días.

Los animales fueron ubicados de manera individual en jaulas metabólicas diseñadas para estudios de digestibilidad *in vivo*, las cuales estaban equipadas con comedero y bebedero. A lo largo de la fase experimental, se ofreció la alimentación en dos ocasiones cada día, una en la mañana (8:00 A.M.) y otra en la tarde (16:00 P.M.).

Ambas porciones fueron proporcionadas al 5 % del peso vivo (PV) del cordero en base seca (BS). Los forrajes utilizados (*Avena sativa* y *Medicago sativa*) utilizada fue molida a un tamaño de partícula de 5 cm, la cual se combinó con el concentrado y se ofreció en los comederos. La dieta fue limitada al alimento mencionado previamente, y el agua fue administrada *ad libitum*.

6.3 Recolección de muestras

La recolección de heces se llevó a cabo cada 24 horas al igual que la recolección de orina, antes de instalar a los ovinos en las jaulas metabólicas, se realizó mantenimiento, tanto en el piso donde estarían alojados y revisar que no hubiera ningún tipo de material punzante y fijando comederos y bebederos; en la parte inferior, se colocó una malla con una inclinación, para las heces y se pudieran desplazarse hacia los recipientes, se encontraba en la parte posterior de la jaula, un poco más debajo de esta malla se colocó un hule, para la recolección de orina, el recipiente se encontraba debajo de la jaula metabólica.

Posterior a la recolección de heces y orina, se pesaba la cantidad de excreta y orina de las 24 horas, para después guardar aproximadamente el 10 % del total de la muestra en una bolsa, que fueron guardando para su posterior análisis.

Igualmente se recolectaba lo más que se pudiera del alimento rechazado para ser pesado y obtener una muestra representativa (10 %) para su posterior análisis.

6.4. Determinación de materia seca

Para llevar a cabo los análisis correspondientes, fue necesario realizar un proceso previo de preparación de las muestras recolectadas durante el muestreo.

En primer lugar, se sometió cada muestra a un proceso de molienda utilizando un molino (Wiley), con el propósito de reducir el tamaño de las partículas (2-3 mm) y facilitar su homogeneización.

Este procedimiento permitió obtener una mezcla representativa de cada muestra, asegurando una mayor precisión y fiabilidad en los resultados de los análisis posteriores, al minimizar las variaciones que podrían surgir por posibles heterogeneidades en la composición del material.

Además, el uso de muestras finamente molidas y en condiciones óptimas facilitó su manejo y la aplicación de los procedimientos de laboratorio, asegurando que cada análisis se realizara en condiciones controladas y contribuyendo a obtener resultados más exactos y consistentes.

Para determinar la materia seca total de las muestras, se siguió el siguiente procedimiento: En primer lugar, se prepararon crisoles cada uno de ellos fue marcado de forma individual para mantener un control adecuado y organización de las muestras, evitando así posibles confusiones durante el proceso experimental. Luego, los crisoles se colocaron en una estufa de secado a 110 °C por un periodo de 24 horas, con el fin de eliminar cualquier rastro de humedad residual y garantizar que no afectara los pesos registrados en etapas posteriores.

Una vez finalizado el proceso de secado, los crisoles fueron extraídos con cuidado de la estufa usando unas pinzas de acero inoxidable para prevenir cualquier tipo de contaminación o traspaso de humedad. Posteriormente, se alojaron en un desecador durante un periodo de 15 a 25 minutos, lo que les permitió alcanzar la temperatura del entorno y un peso constante. Este procedimiento es esencial para evitar fluctuaciones en el peso debido al calor residual.

Después de estabilizarse, los crisoles fueron sacados del desecador y pesados en una balanza analítica Explorer Ohaus de alta precisión. El peso obtenido se anotó como “peso vacío”, información crucial para los cálculos que se realizarían más adelante. A continuación, los crisoles fueron devueltos al desecador hasta que se añadió las muestras.

Se añadieron cerca de 2 gramos de muestra a cada crisol, garantizando una cantidad adecuada y representativa. Se registró el peso correspondiente como “peso del crisol + muestra húmeda”. Este valor se utilizó como fundamento para calcular la disminución de la humedad durante el procedimiento de secado.

A continuación, los crisoles con las muestras fueron puestos de nuevo en la estufa de secado a 110 °C durante 24 horas, con el propósito de eliminar completamente la humedad presente y obtener materia seca.

Al concluir este período, los crisoles se extrajeron de la estufa con pinzas de acero inoxidable y se colocaron en el desecador durante 15 a 25 minutos para recuperar la temperatura ambiente nuevamente. Después de estabilizar, se llevó a cabo la determinación del peso final en la balanza analítica Explorer Ohaus, lo que se registró como “peso del crisol + muestra seca”. Esta información se empleó más adelante para efectuar los cálculos pertinentes de humedad y materia seca.

Una vez teniendo los pesos, se realizaron los siguientes cálculos:

Masa húmeda = (Peso de crisol + muestra húmeda) – (Peso del crisol)

Masa seca = (peso del crisol + muestra seca) – (Peso del crisol vacío)

Porcentaje de materia seca (%MS) = Masa seca/Masa húmeda x 100

Porcentaje de materia seca total: MST= Peso fresco x (% Materia seca / 100)

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Contenido de materia orgánica y cenizas

El contenido de cenizas varió según el método de tratamiento, registrándose el mayor valor en el tratamiento T1 (Concentrado+Avena 10.91 %) frente al tratamiento T2 (Concentrado+Alfalfa 8.99 %) (Cuadro 11). El contenido mineral obtenido en T1 excede el rango típicamente reportado por Mamani *et al.* (2018) para alimentos integrales o de avena (oscila entre 4 % y 7 %).

Cuadro 11.- Composición bromatológica (% Cenizas y % Materia Orgánica) de los tratamientos experimentales.

Tratamiento	Dieta	%Cenizas	% M. O
T1	Concentrado + Avena	10.91	88.41
T2	Concentrado + Alfalfa	8.99	90.38

T1: Concentrado + Avenas; T2: Concentrado + Alfalfa

Esta diferencia se explica por el efecto de agregar a la dieta un concentrado comercial, que actúa como modificador mineral concentrado, aumentando la proporción total de componentes inorgánicos en la dieta. En contraste, el contenido de cenizas en T2 (8.99 %) concordó con datos publicados en la literatura sobre dietas a base de leguminosas, el forraje de alfalfa tiene un contenido promedio de cenizas internas de alrededor del 8 %, debido a su alta capacidad para absorber macrominerales como calcio, magnesio y potasio a través de las raíces.

La fracción de materia orgánica (MO) ajustada fue cuantitativamente mayor en el tratamiento T2 (91.01 %) que en el T1 (89.09 %). Desde una perspectiva de nutrición animal, una mayor proporción de MO da como resultado una mayor densidad de nutrientes digeribles (como proteínas, lípidos y carbohidratos no estructurales) disponibles para los microorganismos del rumen o el tracto gastrointestinal del animal.

Puente *et al.* sugieren que la diferencia en la MO de dietas que combinan forraje con concentrado está estrechamente relacionada con la digestibilidad de la pared celular

interna. En este escenario, aunque el pasto (avena) tiende a acumular una estructura de fibra menos soluble, la adición de proteína y energía de la alfalfa en T2 optimizaría el equilibrio orgánico total, posicionándola como una dieta densa en energía.

Cuadro 12.- Digestibilidad in vivo de la materia seca (%) con ovinos.

Tratamiento	Dieta	<i>In vivo</i> (%)
T1	Concentrado + Avenas	49.393±9.500 ^b
T2	Concentrado + Alfalfa	60.314±8.199 ^a

T1: Concentrado + Avenas; T2: Concentrado + Alfalfa

La digestibilidad de la materia seca *in vivo* (DIVMS) reveló diferencias estadísticas significativas ($P < 0.05$) entre los tratamientos evaluados, mostrando un valor mayor para la dieta a base de alfalfa (T2: 60.314 %) respecto a la avena (T1: 49.393 %) (Cuadro 12). Esta diferencia significativa (~11 puntos porcentuales) puede ser principalmente a las diferencias propias en la composición química y la estructura de la pared celular de los dos forrajes.

7.2. Impacto de la fracción fibrosa

La baja digestibilidad observada en el tratamiento de avena (T1) la relacionamos con mayor fibra detergente neutra (FDN) y un mayor grado de lignificación característico de las gramíneas en estados tardíos de madurez. Investigadores de la región central de México como Villarreal *et al.*, (2012) y González *et al.*, (2012) señalaron que, aunque la avena puede alcanzar una digestibilidad aceptable en una etapa temprana, su calidad disminuye rápidamente a medida que madura debido a la acumulación de carbohidratos estructurales no digeribles. Esta acumulación es como una barrera física, limitando el paso a las enzimas microbianas del rumen a la parte soluble.

Sin embargo, la eficacia del tratamiento con alfalfa (T2) tiene que ver por su carácter leguminosos. Como lo explican Rojas-García *et al.* (2019) en sus evaluaciones nutricionales en México, tiene una alta porción de materia seca digestible por la menor cantidad de tallos lignificados en cortes óptimos. Esto promueve el proceso de

fermentación con la tasa de crecimiento microbiano más alto, una mejor sincronización de energía y disponibilidad de nitrógeno.

7.3. Variabilidad de los datos (desviación estándar)

En este sentido, las líneas de investigación sobre la nutrición de rumiantes de Mendoza-Martínez *et al.* (2016) plantean que las dietas con menor calidad inicial o mayor contenido de fibra aumenta la variabilidad individual en el consumo de alimento por los factores como la palatabilidad, la selección de forraje en el lugar de alimentación y las diferencias en el transporte de alimentos dentro de tracto digestivo de cada animal.

Al evaluar la variabilidad de los datos, la desviación estándar más grande en T1 (9500) en comparación con T2 (8199) es un indicador de la selectividad de las ovejas individuales. Según un estudio sobre conducta alimentaria realizado por Mendoza-Martínez *et al.* (2016) demostraron que las ovejas alimentadas con una dieta rica en fibra alteraron significativamente sus patrones de ingesta diaria al seleccionar hojas y eliminar tallos fibrosos en los comederos, lo que interfirió la repetibilidad interindividual de DIVMS.

Esta situación se complica cuando se incluye una ración de concentrado en la dieta compuesta. En el tratamiento T1, la inclusión de almidones fermentables podría provocar un efecto de unión negativo o “efecto de sustitución”. La rápida descomposición del concentrado de grano conduce a una disminución significativa del pH del líquido ruminal, limitando temporalmente la viabilidad y la capacidad enzimática de la microbiota celulolítica, lo que complica aún más la digestión de la fibra de avena.

Sin embargo, la cinética del procesamiento de T2 se ve facilitada en gran medida por las propiedades químicas de las leguminosas. La alfalfa tiene una alta capacidad amortiguadora natural debido a su alta concentración de cationes orgánicos y proteínas solubles. Esta cualidad intrínseca permite que el ambiente ruminal se estabilice frente a los ácidos grasos volátiles producidos por el concentrado. De esta manera se consigue

una sinergia óptima en la cría de ovinos, la energía de los carbohidratos no estructurales del concentrado se sincroniza eficazmente con el nitrógeno soluble de la alfalfa.

Esto maximiza la síntesis de proteínas microbianas y acelera la cinética de la digestión, lo que demuestra claramente la mejora de la digestibilidad general observada en T2, un factor clave para optimizar la eficiencia alimenticia en la cría intensiva de ovejas (Rojas-García *et al.*, 2019; Mamani-Paredes & Cotacallapa-Gutiérrez, 2018; Castro-Hernández *et al.*, 2017; Vázquez Vázquez *et al.*, 2010).

8. CONCLUSIONES

La introducción de heno de *Avena sativa* y *Medicago sativa* combinados con concentrados disponibles comercialmente en la dieta de ovinos en la región de Saltillo confirmó la hipótesis propuesta, demostrando un nivel satisfactorio de digestibilidad aparente *in vivo*; Sin embargo, un análisis metabólico en profundidad muestra que la calidad nutricional y la eficiencia digestiva general dependen en gran medida de la naturaleza botánica del alimento y sus interacciones bioquímicas en el rumen. Los resultados biológicos indicaron que el concentrado actuó como modificador mineral concentrado, aumentando el contenido de cenizas en el tratamiento de avena (T1) en un 10.91%, superando el rango normal en la literatura, y en el caso del tratamiento de alfalfa (T2), se estabilizó en 8.99 % debido a la alta capacidad de la leguminosa para absorber macrominerales. Esta diferencia es impulsada por el mayor porcentaje de materia orgánica ajustada en T2 (91,01 %), lo que le da a la dieta una mayor densidad de nutrientes digestibles disponibles para la microbiota ruminal. En cuanto a la eficiencia digestiva *in vivo*, hubo una diferencia estadísticamente significativa ($P < 0,05$) en la digestibilidad de la materia seca (DIVMS), en la que el tratamiento con alfalfa (T2: 60,314 % $\pm$ 8,199 %) fue aproximadamente 11 puntos porcentuales mayor que el tratamiento con avena (T1: 49,393 % $\pm$ 9,500 %). Esta aparente diferencia corresponde a la influencia de la fracción fibrosa del pasto (T1) en la etapa de madurez tardía, la acumulación de fibra detergente neutra en ella y el alto grado de lignificación que actúa como una barrera física limitando el acceso de las enzimas microbianas a la fracción soluble. De manera similar, una menor calidad inicial de la avena resultó en una mayor variación interindividual en la ingesta y selectividad en las ovejas (reflejada en una desviación estándar mayor de 9500), alterando sus patrones de ingesta diaria, eliminando tallos fibrosos y afectando la reproducibilidad interindividual de DIVMS. Finalmente, la dinámica ruminal mostró que, aunque el tratamiento T1 tuvo un “efecto de desplazamiento” negativo debido a la reducción del pH debido a la rápida degradación del concentrado que compromete la viabilidad de la microflora celulolítica, el tratamiento T2 promovió la alta capacidad amortiguadora natural de la alfalfa. Esta cualidad intrínseca estabiliza el ambiente digestivo contra los ácidos grasos volátiles y promueve una sinergia óptima, de

modo que la energía de los carbohidratos no estructurales del concentrado se sincroniza efectivamente con el nitrógeno soluble de la leguminosa, promoviendo la cinética digestiva, maximizando la síntesis de proteínas bacterianas y fortificando la alfalfa, una excelente estrategia para optimizar la eficiencia alimenticia en la producción intensiva regional de ovejas.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Liu, Y., Fan, W., Cheng, Q., Zhang, L., Cai, T., Shi, Q., . . . Jin, K. (30 de Noviembre de 2022). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Center for Biotechnology Information: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9748345/>
- Acevedo Parra, A. (2000). *SCRIBD*. Obtenido de <https://es.scribd.com/document/755311795/Moberg-G-P-Mench-J-A-Eds-The-biology-of-animal-stress-basic-principles-and-implications-for-animal-welfare-CABI-2000-13-20>
- Amador Zaragoza, H., & Xavier, C. M. (2009). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de <https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/dca03cd8-ebd7-46b4-948d-98b333534579/content>
- Arango Quispe, S., Viera Valencia, M., & Gómez Bravo, C. (17 de Enero de 2022). *Scielo*. Obtenido de <http://scielo.org.co/pdf/ccta/v23n1/0122-8706-ccta-23-01-2214.pdf>
- Arteaga Castelán, J. (Julio de 2007). *studocu*. Obtenido de <https://www.studocu.com/es-mx/document/instituto-tecnologico-de-alvaro-obregon/biotecnologia/catalogo-razas/89028878>
- Arzadun, M., Laborde, H., & Vecchi, G. (2024). Asignación forrajera en pastoreo de avena y trigo doble propósito. *Revista Argentina de Producción Animal*, 29-38. Obtenido de https://www.aapa.org.ar/rapa/44/1/04-RAPA_2024_Arzadun.pdf
- Assandri Ferrara, L., Cabrera Laveglia, A. I., & González Cabrera, A. A. (2010). *Universidad de la República*. Obtenido de Facultad de Veterinaria: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/19950/1/FV-28751.pdf>
- Avila Miramontes, J. A., Avila Salazar, J. M., Rivas Santoyo, F. J., & Martinez Heredia, D. (2022). *UNIVERSIDAD DE SONORA*. Obtenido de agricultura.unison: <https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20ALFALFA.pdf>
- Balch, S. G. (Septiembre de 2024). *Manual de MSD-manual de veterinaria*. Obtenido de <https://www.msdsvetmanual.com/es/manejo-y-nutrici%C3%B3n/cuidado-preventivo-de-la-salud-y-cr%C3%ADa-de-ovejas/nutrici%C3%B3n-de-ovinos>
- Baumont, R., Prache, S., Meuret, M., & Morand Fehr, P. (15 de Mayo de 2000). *ScienceDirect*. Obtenido de Ciencia de la producción ganadera: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030162260000172X>
- Cano Sabido, N., & Moo Chalé, S. (2025). Obtenido de <file:///C:/Users/Miguel%20Gonzalez/Downloads/ShortMemoriaPECIVeranodelInvestigacionJaguar2025.pdf>
- Castillo González, A., Burrola Barraza, M., Domínguez Viveros, J., & Chávez Martínez, A. (20 de Marzo de 2014). *SciELO*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/amv/v46n3/art03.pdf>
- Castillo González, A., Burrola Barraza, M., Domínguez Viveros, J., & Chávez Matínez, A. (2014). Microorganismos y fermentación ruminal. *Archivos de Medicina Veterinaria*, 46(3), 349-361. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=173033278003>
- Castro Hernández, H., Domínguez Vara, I. A., Morales Almaráz, E., & Huerta Bravo, M. (Junio de 2017). *SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242017000200201
- Cattani, P. A. (2011). *Portal TodoAgro*. Obtenido de Sitio Argentino de Producción Animal: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/30-Henificacion.pdf
- Cattani, P. A. (2011). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Portal TodoAgro.com.ar: https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas_henos/30-Henificacion.pdf

- Chavez, E. M., Cantú, S. I., González, R. H., & Montañez, V. O. (2021). Sistemas de producción de pequeños rumiantes en México y su efecto en la sostenibilidad productiva. *Revista MVZ Córdoba*, 1-14. Obtenido de file:///C:/Users/Miguel%20Gonzalez/Downloads/2246-Textodelarticulo-14304-1-10-20220110.pdf
- Chay Canul, A., Ku Vera, J., Magaña Monforte, J., Ayala Burgos, A., García Herrera, R., & Piñeiro Vázquez, A. (Marzo de 2017). *SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242017000100093
- Contreras Govea, F. E. (2019). *dellait*. Obtenido de Knowledge Center: <https://dellait.com/es/valor-nutritivo-de-la-alfalfa-en-diferentes-etapas-de-madurez/>
- Correa Cardona, H. J. (2008). Estimación de la degradabilidad efectiva en el rumen mediante métodos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 61(2), 4654-4657. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179915376017.pdf>
- Creutzinger, K. (Junio de 2025). *Manual de MSD- Manual de veterinaria*. Obtenido de Comportamiento en la oveja: <https://www.msdevetmanual.com/es/comportamiento/comportamiento-en-animales-de-producci%C3%B3n/comportamiento-en-la-oveja>
- Demagnet Filippi, R., Canales Cartes, C., & García Díez, J. C. (31 de Enero de 2022). *Engormix*. Obtenido de https://www.engormix.com/lecheria/avena-manejo/avena-avena-sativa-manual_a48853/
- Francesa, U. (2017). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/149-Fibra_en_Forrajeros_Tropicales.pdf
- Gashe Desta, A. (29 de Diciembre de 2025). *Taylor y Francis*. Obtenido de Archivos de Agronomía y Ciencias del Suelo: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/03650340.2025.2610090#abstract>
- Goncalves Riberiro, M., Tais Tres, T., & Vinicius Iank Bueno, A. (28 de Febrero de 2023). *redalyc.org*. Obtenido de Universidad de Estadual de Maringá: <https://www.redalyc.org/journal/3031/303179699011/>
- González García, H., Rojas González, S., Escalante Corona, L. G., Orozco Erives, A., & Holguín Licón, C. (2015). *Colección Reportes Técnicos de Investigación*. Obtenido de <https://recursos.uacj.mx/server/api/core/bitstreams/18682bf7-b96f-4cb5-b512-0644f74a1148/content>
- H. Fernandez, H. (2002). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/01-alimentos_rumiantes.pdf
- Hansen, I., Christiansen, F., Hansen, H., Braastad, B., & Bakken, M. (6 de Enero de 2001). *ScienceDirect*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168159100001556>
- Hernández, J., Rodríguez, H., Salinas, T., Aquino, M., & Marisca, A. (08 de Abril de 2022). *Caracterización de los sistemas de producción familiar ovina en la*. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v13n4/2448-6698-rmcp-13-04-1009.pdf>
- Kahyani, A., Ghorbani, G., Khorvash, M., Nasrollahi, S., & Beauchemin, K. (Noviembre de 2013). *ScienceDirect*. Obtenido de Revista de Ciencia Láctea: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030213006310>
- Karayilanli, E., & Ayhan, V. (23 de Mayo de 2016). *Agricultural Research Communication Center*. Obtenido de file:///C:/Users/Miguel%20Gonzalez/Downloads/Final-attachment-published-B-400.pdf
- Koger, J., O'Brien, B., Burnette, R., Kai, P., Kempen, M., Heugten, E., & Kempen, T. (Abril de 2014). *ScienceDirect*. Obtenido de Ciencia Ganadera: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S187114131400047X>
- Lachmann, M., & Araujo Febres, O. (Noviembre de 2000). *ResearchGate*. Obtenido de

- file:///C:/Users/cca/Downloads/AVPA00-01.pdf
- López Antonio, H. (2026). *Universidad Nacional Autónoma de México*. Obtenido de Facultad de estudios superiores Cuautitlán:
<https://ru.dgb.unam.mx/server/api/core/bitstreams/c49473e4-76b2-4ccb-b2ae-0178b6d7ee62/content>
- Mamani Paredes, J., & Cotacallapa Gutiérrez, F. H. (2018). *SciELO*. Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2313-29572018000400002
- Manoukian, M., DelCurto, T., Kluth, J., Carlisle, T., Davis, N., Nack, M., . . . Van Emon, M. (20 de Octubre de 2021). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Center for Biotechnology Information: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8614571/>
- Nava Cuéllar, C., & Díaz Cruz, A. (2001). *Sitio Argentino de Producción Animal*. Obtenido de Manejo del alimennto y carga animal: https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/manejo_del_alimento/79-introduccion_a_la_digestion_ruminal.pdf
- Núñez Torres, O. P. (2017). Los costos de la alimentación en la producción pecuaria. *Journal of the Selva Andina Animal Science*, 93-94. Obtenido de file:///C:/Users/Miguel%20Gonzalez/Downloads/Los_costos_de_la_alimentacion_en_la_produccion_pec.pdf
- Orloff, S. B., & Putnam, D. H. (Diciembre de 2007). *University of California*. Obtenido de https://alfalfa.ucdavis.edu/sites/g/files/dgvnsk12586/files/media/documents/UCAlfalfa8299HarvestStrategies_free.pdf
- Orskov, E., & McDonald, I. (27 de Marzo de 2009). *Cambridge Core*. Obtenido de Estimación de la degradabilidad de la proteína en el rumen a partir de mediciones de incubación ponderadas según la tasa de paso.: <https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/E2DB4F2290E374E10E9800E512D127A7/S0021859600063048a.pdf/the-estimation-of-protein-degradability-in-the-rumen-from-incubation-measurements-weighted-according-to-rate-of-passage.pdf>
- Partida de la Peña, J. A., Ríos Ricón, F. G., de la Cruz Colín, L., Domínguez Varad, I. A., & Buendía Rodríguez, G. (2017). Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 269-277. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2656/265652714006.pdf>
- Queiroz Mendes, F., Almeida Oliveira, M. G., Brunoro Costa, N. M., Vieira Pires, C., & Regina Passos, F. (02 de Diciembre de 2015). *ALAN*. Obtenido de Archivos Latinoamericanos de Nutrición: <https://www.alanrevista.org/ediciones/2016/1/art-1>
- Ramírez Ordóñez, S., Domínguez Díaz, D., Salmerón Zamora, J. J., Villalobos Villalobos, G., & Ortega Gutiérrez, J. A. (19 de Julio de 2013). *SciELO*. Obtenido de Revista fitotecnica mexicana: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802013000400005
- Ramírez, R., Dominguez, D., Villalobos, G., Ortega, J. A., & Salmerón, J. J. (20 de Mayo de 2018). Alimentación de ovinos con heno de avena cosechado en dos etapas de madurez en el noroeste de Chihuahua, México. *Archivos de zootecnia*, 67(259), 310-316. Obtenido de <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/3785>
- Rodríguez Perez, G., Avila Perches, M. A., Mayek-Pérez, N., Quintana Camargo, M., & Gámez Vázquez, A. J. (16 de Febrero de 2026). *SciELO*. Obtenido de Revista mexicana de ciencias agrícolas: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext_plus&pid=S2007-09342025000800109&lng=pt&tlng=es&nrm=iso
- Rodríguez, R., Sosa, A., & Rodriguez, Y. (2007). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193017712001.pdf>
- Rojas García, A. R., Mendoza Pedroza, S. I., Maldonado Peralta, M., Álvarez Vázquez, P., Torres Salado, N., Cruz Hernández, A., . . . Joaquín Cancino, S. (Junio de 2019).

- SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342019000400849
- Rotger Cerdá, A. (2004). *Universidad Autónoma de Barcelona*. Obtenido de <https://scispace.com/pdf/fermentacion-ruminal-degradacion-proteica-y-sincronizacion-27407e86iq.pdf>
- Ruiz Zarate , F., Fuentes Rodríguez , J. M., Aguirre Villaseñor , L., López Trujillo, R., & Alfaro Aguilar, J. A. (2012). Productividad de Cuatro Explotaciones Caprinas en Saltillo, Coah., México. *revistaagraria*, 73-79. Obtenido de <https://www.revistaagraria.com/index.php/agraria/article/view/489/445>
- Sánchez-Santillán, P. (21 de Marzo de 2025). *Universidad Autónoma de Guerrero*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/437/43780398040/43780398040.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2024). *Gobierno de México*. Obtenido de https://nube.agricultura.gob.mx/cierre_pecuario/
- Seveljevic Jaran, D. (21 de Abril de 2021). *National Ethics Committee meeting assignment*. Obtenido de <https://www.crolasa.com/wp-content/uploads/2021/05/Review-of-literature-on-welfare-effects-of-metabolic-cage-housing.pdf>
- Terán Céspedes, R., Claire Herrera, A. A., & Alba Maydana, R. (2023). La producción de avena (Avena sativa) en grano: un integrador agroecológico en los sistemas de producción familiar. *Revista de investigación e innovación agropecuaria y de recursos naturales*, 10(2), 41-51. Obtenido de file:///C:/Users/Miguel%20Gonzalez/Downloads/La_produccion_de_avena_Avena_sativa_en_grano_un_in.pdf
- Ulloa Arvizu, R., Gayosso Vázquez, A., & Alonso Morales , R. A. (julio-septiembre de 2009). Origen genético del ovino criollo mexicano (*Ovis aries*) por el análisis del gen del Citocromo C Oxidada subunidad 1. 47(3), 323-328. Obtenido de Instituto Nacional de Investigadores Forestales, Afrícolas y Pecuarias : <https://www.redalyc.org/pdf/613/61312111008.pdf>
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (6 de Febrero de 1991). *journalofdairyscience*. Obtenido de [https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302\(91\)78551-2/pdf](https://www.journalofdairyscience.org/article/S0022-0302(91)78551-2/pdf)
- Vázquez Martínez , I., Jaramillo Villanueva, J. L., & Bustamante González , Á. (01 de Noviembre de 2016). *redalyc.org*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/3605/360559614006/>
- Vázquez Vázquez, C., García Hernández, J. L., Salazar-Sosa, E., Murillo Amador, B., Orona Castillo, I., Zúñiga Tarango, R., . . . Preciado Rangel, P. (Diciembre de 2010). *SciELO*. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242010000400005
- Vélez-Marroquín, V., Cabezas-García, E., Antezana-Julian, W., Estellés-Barber, F., Franco, F., & Pinares-Patiño, C. (Abril de 2022). *ScienceDirect*. Obtenido de Investigación sobre pequeños rumiantes: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921448822000499>
- Zain , M., Hindayat Tanuwira, U., Ahmari Syamsu, J., Yunilas , Y., Pazla, R., Masdia Putri, E., . . . Bagaskara, B. (22 de Marzo de 2024). *National Library of Medicine*. Obtenido de National Center for Biotechnology Information: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11045530/>
- Zhang, H., & Rocateli, A. (Abril de 2017). *Okstate.edu*. Obtenido de <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/evaluating-hay-quality-based-on-sight-smell-and-feel-hay-judging>