



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA
ANIMAL

Trabajo de Tesis

Comportamiento productivo de ovinos (*Ovis aries*)
alimentados con pasto y suplementado con concentrado
artesanal y nopal (*Opuntia sp*) fermentado

Autores

Br. Karen Alejandra Quezada Cruz
Br. Kendall Steven Salazar Pérez

Asesores

MSc. Marcos Antonio Jiménez Campos
PhD. Nadir Reyes Sánchez

Managua, Nicaragua
Julio, 2025



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
DIRECCIÓN ESPECÍFICA DE CIENCIA
ANIMAL

Trabajo de Tesis

Comportamiento productivo de ovinos (*Ovis aries*)
alimentados con pasto y suplementado con concentrado
artesanal y nopal (*Opuntia sp*) fermentado

Autores

Br. Karen Alejandra Quezada Cruz
Br. Kendall Steven Salazar Pérez

Asesores

MSc. Marcos Antonio Jiménez Campos
PhD. Nadir Reyes Sánchez

**Presentado a la consideración del honorable comité
evaluador como requisito final para optar al grado
de Ingeniero en Zootecnia**

Managua, Nicaragua
Julio, 2025

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección Específica de Ciencia Animal como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero en Zootecnia

Miembros del Comité Evaluador

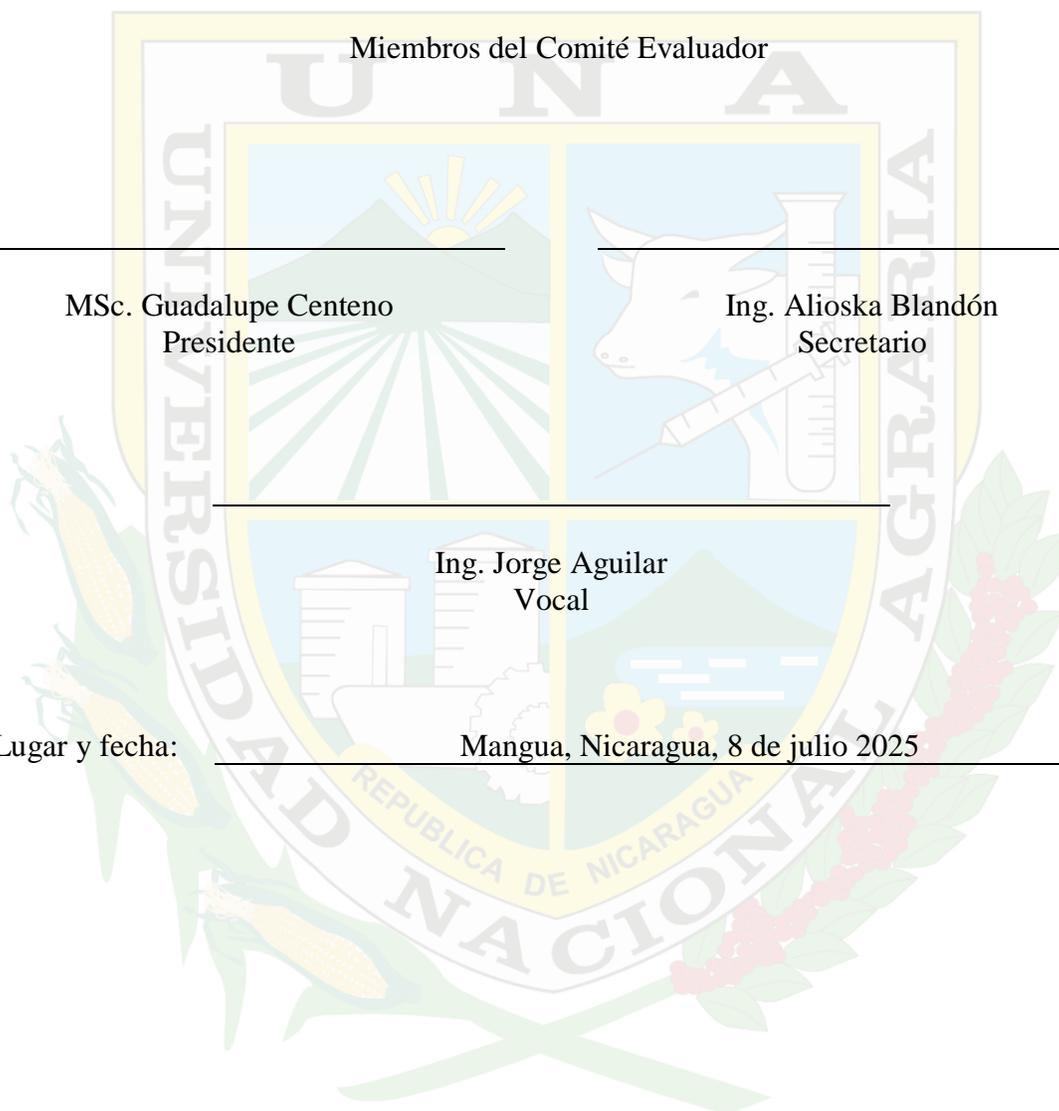
MSc. Guadalupe Centeno
Presidente

Ing. Alioska Blandón
Secretario

Ing. Jorge Aguilar
Vocal

Lugar y fecha:

Mangua, Nicaragua, 8 de julio 2025



DEDICATORIA

Primeramente, a Dios por darme la paciencia que requerí durante mis años de estudiante, solo él sabe todo es estrés que pasé.

A Princesa y Wednesday por haber sido más que mascotas: compañía silenciosa, consuelo en los días difíciles y alegría en los momentos más simples. Aunque ya no estén físicamente su amor y su presencia en mi vida fueron un refugio constante.

Y a todos mis familiares que creyeron en mí, por su apoyo y por acompañarme en cada etapa de este camino.

Karen Quezada Cruz.

DEDICATORIA

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la fuerza, y la salud necesaria para culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres Wilber Antonio Salazar Sequeira y Martha Antonia Pérez Rivas, por ser el pilar fundamental en mi formación, sus consejos y el esfuerzo constante que han realizados para que hoy pueda alcanzar esta meta. Este logro también es de ustedes.

A mis amistades que a lo largo de este camino supieron brindarme su compañía, palabras de alientos y momento de alegría que hicieron más llevadero este proceso.

Con todo mi cariño y gratitud.

Kendall Salazar Pérez.

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis hermanos por darme la paciencia, el ingenio y el sentido del humor, gracias por estar ahí en cada momento, incluso cuando no entendían que era lo que estaba estudiando y celebrar cada pequeño avance como si fuera el final.

Gracias a mis progenitores por su amor incondicional y sobre todo por no perder la paciencia cada vez que dije “ya casi término”. Gracias por su apoyo incondicional que ha sido esencial a lo largo de esta carrera.

Gracias a mis compañeros de cuatro patas, gracias por estar ahí en cada desvelo, acompañándome en silencio, acostándose en mis apuntes, caminando por el teclado o mirándome como diciendo ¿no es hora de dormir?

A nuestros asesores Ing. Marcos Jiménez, Msc e Ing., Nadir Reyes PhD., por orientarnos y brindarnos su apoyo durante esta etapa.

Gracias a mis compañeras y futura colegas por las risas y cada colapso compartido hicieron estos cinco años mucho más llevadero.

Gracias a mis amigas por su compañía, su presencia, aunque en la distancia, fue fundamental para mantener el equilibrio entre las exigencias académicas y la vida personal.

Gracias a los futuro médicos veterinarios que estuvieron durante la etapa de campo de nuestra tesis, fueron de gran ayuda.

Y gracias a mi persona por no rendirme, por cada madrugada de trabajo, cada momento de frustración superado. Gracias

Karen Quezada Cruz

AGRADECIMIENTO

A Dios, por su fortaleza y sabiduría para culminar este comienzo de mi formación profesional.

A mis padres, hermanos y familiares por su amor incondicional, su ejemplo de trabajo y sus palabras que siempre me impulsaron a seguir adelante.

A mi amiga y segunda madre, Margel Regina Chávez, Por su apoyo incondicional, sus consejos sinceros en cada momento presente.

A mis profesores y asesores Ing. Marcos Jiménez MSc e Ing. Nadir Reyes PhD Quienes con su dedicación nos brindaron todo su apoyo.

A mis amigos y futuros colegas, quienes, con su compañía, palabras de motivación y momentos compartidos hicieron de este camino una experiencia valiosa y significativa.

A los Jóvenes de Medicina veterinaria que nos apoyaron durante nuestra etapa de campo.

Kendall Salazar Pérez.

ÍNDICE DE CONTENIDO

| SECCIÓN | PÁGINA |
|--|-------------|
| DEDICATORIA | i |
| DEDICATORIA | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| AGRADECIMIENTO | iv |
| ÍNDICE DE CONTENIDO | v |
| ÍNDICE DE CUADROS | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE ANEXOS | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II. OBJETIVOS | 2 |
| 2.1 Objetivo general | 2 |
| 2.2 Objetivos específicos | 2 |
| III. MARCO DE REFERENCIA | 3 |
| 3.1 Generalidades de la especie ovina | 3 |
| 3.1.1 Clasificación taxonómica | 3 |
| 3.2 Hábitat y comportamiento | 3 |
| 3.3 Reproducción | 4 |
| 3.4 Alimentación | 4 |
| 3.5 Suplementación | 4 |
| 3.6 Requerimientos nutricionales de los ovinos | 4 |
| 3.6.1 Energía | 5 |
| 3.6.2 Proteína | 5 |
| 3.7 Sistema digestivo de los rumiantes | 5 |
| 3.8 Movimiento del rumen-retículo | 5 |
| 3.9 Omaso | 6 |
| 3.10 Abomaso | 6 |
| 3.11 Desparasitante | 6 |
| 3.12 Vitaminas | 6 |
| 3.13 Nopal | 6 |
| 3.13.1 Generalidades | 6 |
| 3.13.2 Origen | 7 |

| | |
|---|-----------|
| 3.13.3 Clasificación taxonómica | 7 |
| 3.13.4 Morfología | 7 |
| 3.13.5 Adaptabilidad | 8 |
| 3.14 Usos del nopal | 8 |
| Jugos y bebidas | 8 |
| 3.15 Fermentación en estado sólido (FES). | 8 |
| 3.16 Nopal fermentado | 8 |
| 3.17 Uso del nopal en la alimentación de ovino | 9 |
| IV. MATERIALES Y MÉTODOS | 10 |
| 4.1 Ubicación del estudio | 10 |
| 4.2 Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos | 10 |
| 4.2.1 Diseño experimental | 10 |
| 4.2.2 Tratamientos | 10 |
| 4.2.3 Alojamiento | 10 |
| 4.3 Manejo del ensayo y metodología | 11 |
| 4.3.1 Comportamiento productivo | 11 |
| 4.3.2 Obtención del nopal fermentado | 11 |
| 4.4 Preparación de la fermentación de <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 11 |
| 4.5 Elaboración del nopal fermentado | 12 |
| 4.6 Preparación del concentrado artesanal | 12 |
| 4.7 Datos o variables evaluados | 13 |
| 4.7.1 Duración del estudio | 13 |
| 4.7.2 Variables del estudio | 13 |
| 4.7.3 Ganancia de peso Media Diaria (GMD) | 13 |
| 4.7.4 Consumo de Alimento Diario (CAD) | 13 |
| 4.7.5 Conversión alimenticia | 13 |
| 4.8 Análisis de datos | 14 |
| 4.8.1 Análisis estadístico | 14 |
| 4.9 Análisis financiero | 14 |
| 4.10 Manejo de factores no sujetos a evaluación | 15 |
| 4.10.1 Preparación de los animales | 15 |
| V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 16 |
| 5.1 Consumo semanal de alimento acumulado | 16 |

| | |
|---|-----------|
| 5.2 Conversión alimenticia | 18 |
| 5.3 Comportamiento de peso vivo en ovejas | 19 |
| 5.4 Ganancia de peso vivo total | 21 |
| 5.5 Ganancia media diaria | 22 |
| 5.6 Análisis económico | 24 |
| VI. CONCLUSIONES | 26 |
| VII. RECOMENDACIONES | 27 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 28 |
| IX. ANEXOS | 33 |

ÍNDICE DE CUADROS

| CUADRO | | PÁGINA |
|---------------|--|---------------|
| 1. | Clasificación Taxonómica del Ovino. | 3 |
| 2. | Clasificación taxonómica del nopal. | 7 |
| 3. | Fórmula del fermentado de nopal. | 12 |
| 4. | Fórmula del concéntrate artesanal | 13 |
| 5. | Comportamiento productivo de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado. | 18 |
| 6. | Análisis de costos parciales y utilidad bruta alimentación de ovinos con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado. | 25 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| FIGURA | | PÁGINA |
|---------------|---|---------------|
| 1. | Consumo semanal del alimento acumulado. | 16 |
| 2. | Comportamiento de peso vivo de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado. | 20 |
| 3. | Ganancia de peso vivo total (kg) de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado | 21 |
| 4. | Ganancia media diaria (g/día) de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado | 23 |

ÍNDICE DE ANEXOS

| ANEXO | | PÁGINA |
|--------------|---------------------------------------|---------------|
| 1. | Pesaje de animales. | 33 |
| 2. | Concentrado artesanal. | 33 |
| 3. | Trituración del nopal | 34 |
| 4. | Pesaje de materia prima | 34 |
| 5. | Alojamiento | 35 |
| 6. | Ovinos durante el consumo de alimento | 35 |

RESUMEN

Se llevó a cabo un experimento en la finca Santa Rosa de la Universidad Nacional Agraria para evaluar el impacto productivo y económico del uso de nopal fermentado (*Opuntia sp.*) como suplemento en la dieta de ovinos. Se utilizaron 16 ovejas en desarrollo con peso promedio de 22 kg de diferente grupo raciales, distribuidos en cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, bajo un diseño completamente al azar. Los tratamientos fueron: T1 (pasto con melaza), T2 (pasto con melaza + 1 kg de concentrado artesanal), T3 (pasto con melaza + nopal fermentado + 0.5 kg de concentrado artesanal) y T4 (pasto con melaza + nopal fermentado). Durante un período de 56 días se evaluaron variables como la ganancia de peso total (GPT), el consumo de alimento, la conversión alimenticia (CA) y el análisis económico. Los resultados mostraron diferencias significativas ($P < 0.05$) entre tratamientos en las variables GPT, GMD y PVT. Los resultados mostraron que T2 alcanzó la mayor GPT con 10.26 kg (22.57 libras), seguido de T3 con 7.51 kg y T4 con 7.42 kg. El tratamiento T1, sin suplementación, obtuvo la menor GPT (2.88 kg). Desde el punto de vista económico, T2 generó un ingreso bruto de C\$564.25, pero tuvo el mayor costo de suplementación (C\$469.10), lo que resultó en una utilidad bruta baja (C\$95.15). En contraste, T4, con nopal fermentado como único suplemento, generó una utilidad bruta de C\$317.83, siendo el tratamiento más rentable del estudio, seguido de T3 (C\$180.96). En conclusión, aunque el concentrado en T2 permitió una mayor ganancia de peso, el uso de nopal fermentado en T3 y T4 resultó en un mejor balance entre productividad y costo. El tratamiento T4 demostró ser la opción más económica y eficiente, posicionando al nopal fermentado como una alternativa viable y sostenible para pequeños y medianos productores ovinos en regiones con limitados recursos forrajeros.

Palabras claves: Ganancia media diaria, microorganismos, engorde, alimento alternativo.

ABSTRACT

An experiment was carried out at the Santa Rosa farm of the Universidad Nacional Agraria to evaluate the productive and economic impact of the use of fermented nopal (*Opuntia* sp.) as a supplement in the diet of sheep. Sixteen sheep with an average weight of 22 kg of different racial groups were used, distributed in four treatments with four replicates each, under a completely randomized design. The treatments were: T1 (grass with molasses), T2 (grass with molasses + 1 kg of concentrate), T3 (grass with molasses + fermented cactus + 0.5 kg of concentrate) and T4 (grass with molasses + fermented cactus). During a period of 56 days, variables such as total weight gain (TWG), feed intake, feed conversion (FC) and economic analysis were evaluated. The results showed significant differences ($P < 0.05$) between treatments in the variables GPT, GMD and PVT. Results showed that T2 achieved the highest GPT with 10.26 kg (22.57 lb), followed by T3 with 7.51 kg and T4 with 7.42 kg. Treatment T1, without supplementation, obtained the lowest GPT (2.88 kg). From an economic standpoint, T2 generated a gross income of C\$564.25, but had the highest supplementation cost (C\$469.10), resulting in a low gross profit (C\$95.15). In contrast, T4, with fermented nopal as the only supplement, generated a gross profit of C\$317.83, being the most profitable treatment in the study, followed by T3 (C\$180.96). In conclusion, although the concentrate in T2 allowed a higher weight gain, the use of fermented nopal in T3 and T4 resulted in a better balance between productivity and cost. The T4 treatment proved to be the most economical and efficient option, positioning fermented nopal as a viable and sustainable alternative for small and medium sheep producers in regions with limited forage resource.

Keywords: Average daily gain, microorganisms, fattening, alternative feed.

I. INTRODUCCIÓN

La producción ovina en Nicaragua ha ido ganando interés en los últimos años como una alternativa productiva para las zonas rurales, donde las familias dependen en grandes medidas de las actividades pecuarias para subsistencia. En las búsquedas de sistemas más sostenibles y rentables, los productores enfrentan el desafío constante de asegurar una alimentación adecuada para sus animales.

“La ganadería ovina planea convertirse en una actividad económica relevante en Nicaragua, especialmente en las zonas rurales, donde representa una fuente crucial de ingresos y sustentos para muchas familias” (Guevara, 2022). Sin embargo, el sector enfrenta desafíos importantes, como la limitada disponibilidad de forrajes de alta calidad, la estacionalidad de los pastos y las condiciones climáticas adversas, que afectan la producción y el bienestar de los animales (Sáenz, 2007).

Por su adaptación, los ovinos pueden ser criados en todos los climas, aunque para ellos será necesario elegir la raza más adecuado para una región dada. La cría de ovinos proporciona múltiples productos a las familias tales, como carne que contiene proteína de alta calidad y que puede cubrir los requerimientos proteicos y de hierro de los niños; lana y estiércol (Sáenz, 2007).

En este contexto, una alternativa sostenible para mejorar la eficiencia productiva de los ovinos es uso del nopal (*Opuntia sp*), una planta cactácea que, debido a su adaptabilidad a condiciones áridas y semiáridas, ha sido tradicionalmente utilizada como recurso alimenticio en diversas regiones del mundo. Su alto contenido de agua, fibra y nutrientes esenciales lo convierten en un complemento viable para la alimentación animal, especialmente donde los recursos forrajeros son escasos. Sin embargo, una de las principales desventajas es su bajo contenido energético y proteico, lo cual limita su valor nutricional. (Vázquez, 2016).

En respuestas a estas limitaciones, la fermentación del nopal ha surgido como una técnica innovadora con el potencial de transformar su uso en la alimentación ovina. Este proceso mejora la digestibilidad del nopal y aumenta la biodisponibilidad de nutrientes esenciales.

Desde una perspectiva socioeconómica, la implementación del nopal fermentado en la dieta de los ovinos podría tener implicaciones significativas para los productores nicaragüense. La

utilización de un recurso local como el nopal no solo reduce la dependencia de insumos alimenticios costosos e importados, sino también contribuye a la sostenibilidad de las explotaciones ganaderas. En un país donde la ganadería es una fuente importante de ingresos para muchas familias rurales. La optimización de los recursos disponibles es esencial para asegurar la viabilidad a largo plazo del sector.

Se propone un enfoque integral para evaluar el potencial del nopal fermentado como un componente clave en la alimentación ovina en Nicaragua. Se abordarán múltiples aspectos, desde la evaluación de la calidad nutricional del nopal fermentado y su impacto en la salud y el rendimiento productivo de los ovinos, hasta un análisis de viabilidad económica de su implementación, considerando costos asociados a su producción.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el impacto productivo y económico del uso de nopal fermentado como suplemento en la dieta de ovinos, analizando su influencia sobre el rendimiento animal y la reducción de costos en sistemas de producción.

2.2. Objetivos específicos

1. Analizar los efectos de la inclusión de nopal fermentado sobre el comportamiento productivo (Peso vivo, ganancia de peso final, conversión alimenticia, consumo) en ovinos.
2. Comparar el rendimiento productivo entre ovinos alimentados con nopal fermentado frente a una dieta estándar.
3. Determinar la viabilidad económica de incorporar nopal fermentado a la dieta de los ovinos, considerando costos de producción y ahorro de insumos.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1. Generalidades de la especie ovina

Los ovinos (*Ovis aries*) son mamíferos rumiantes de tamaño muy variable según su raza, con un peso de oscila entro los 35 a 75 kg según el sexo. Poseen un cuerpo robusto cubiertas de lana, de varios colores dominando más el blanco según los grupos raciales, algunos machos pueden presentar cuerno. Siendo unas de las primeras especies domesticadas por el ser humano y ha sido muy fundamental dentro de la ganadería. Según Appropriate Technology Transfer for Rural Areas, [ATTRA (2023)]. “El manejo sostenible de ovejas incluyen la rotación de pastoreo y el uso eficiente de los recursos, lo que contribuye a la salud del suelo a la productividad de los animales en sistemas ecológicos”.

3.1.1. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación Taxonómica del Ovino

| Clasificación taxonómica | |
|--------------------------|--|
| Reino | Animalia |
| Filo | Chordata |
| Clase | Mammalia |
| Orden | Artiodactyla |
| Familia | Bovidae |
| Nombre científico: | <i>Ovis aries</i> (domestica) Linnaeus, 1758 |

Fuente: (Álvarez Romero y Rodrigo, 2005).

3.2. Hábitat y comportamiento

Son animales gregarios que prefieren vivir en grupos. Se adaptan a una variedad de climas, desde zonas cálidas hasta regiones tropicales. Su comportamiento social facilita el manejo en pastoreo. Según el Software ovino - caprino [OvinApp (2021)], “Hay un conjunto de factores que engloba el comportamiento. Pudiendo hacer cambios en la actividad del animal como respuesta a un estímulo dado, influencia de hormonas, características de la especie, evolución, etcétera”.

3.3. Reproducción

Las ovejas son poliestrales estacionales, con ciclos reproductivos influenciados por la longitud del día. Tienen una gestación de aproximadamente 150 días, y suele parir entre 1 a 3 crías. Herrera et al., (2010), menciona que “En su comienzo, el crecimiento fetal es pequeño, y el requerimiento total de nutrientes de la oveja no es significativamente diferente del que necesita en el mantenimiento”.

3.4. Alimentación

Las ovejas son herbívoras, alimentándose principalmente de pastos, aunque también pueden consumir heno y granos en sistemas intensivos. Tienen un sistema digestivo ruminal que les permite procesar la celulosa. Según la Gestionagroganadera, [GAC (2021)], “es un animal resistente, ya que sobrevive sin necesidad de ingerir proteínas. Se puede ser a base de fibra y almidón entre otros”.

3.5. Suplementación

Los suplementos alimenticios son productos que se añaden a la dieta básica para mejorar su nutrición, salud, rendimiento y productividad. Estos suplementos pueden estar compuestos de vitaminas, minerales, aminoácidos, grasas, proteínas entre otros nutrientes específicos que no se pueden encontrar en cantidades suficientes. Según el secretario uruguayo de la lana [SUL] (2018), “al inicio de un período de suplementación siempre debe haber un período de acostumbramiento de 12-15 días, para adaptar la flora ruminal, antes del período efectivo a suplementar, en este período nos debemos asegurar”. (p. 83).

3.6. Requerimientos nutricionales de los ovinos

Las necesidades nutritivas de los ovinos se refieren a su demanda diaria en agua, energía, proteínas, minerales y vitaminas, para mantener un adecuado crecimiento, producción y reproducción. Sin embargo, estas necesidades varían de acuerdo con el sistema de producción, el estado fisiológico (encaste, fases de la gestación, lactancia, mantención), sexo, edad y peso vivo. (Romero y Bravo, s., p. 25).

3.6. Necesidades nutricionales de ovinos en desarrollo

3.6.1. Energía

La energía es fundamental para mantener las funciones vitales y permitir el crecimiento. Como revela National Research Council [NRC, (2007)], “los ovinos en crecimiento requieren entre 2.5 y 3.0 Mcal de energía metabolizable (EM) Por kilogramo de materia seca (MS)”.

3.6.2. Proteína

La proteína es esencial para la formación de musculo, sangre, tejidos y enzimas. Las necesidades varían entre 12 a 16% de proteína bruta (PB) en la dieta, siendo mayores en etapas tempranas y reduciendo conforme el animal se aproxima a su peso adulto. (González et al., 2015).

3.7. Sistema digestivo de los rumiantes

El sistema digestivo de los rumiantes es fundamental para entender como estos animales aprovechan el forraje y otros alimentos de manera eficiente, como afirma Gracias Dionisio, (2016):

El órgano más importante en la digestión es el rumen, ya que de él depende en gran parte, el ataque que sufren los alimentos para ser digeridos. El retículo y el omaso también ejercen funciones mecánicas en la digestión, mientras que el abomaso o estómago glandular, realiza una parte importante de la digestión enzimática.

3.8. Movimiento del rumen-retículo

Este movimiento permite que los alimentos se mezclen, favoreciendo la fermentación. Como describe Gracias Dionisio (2016):

Los movimientos sincronizados del rumen-retículo, ayudan a mezclar el alimento recién ingerido con el que ya se encuentra presente en el rumen. Estos movimientos ayudan a la regurgitación y la eructación, así como el paso de la ingesta al omaso.

El rumen tiene movimientos continuos, debido a que los pilares se dilatan y se contraen modificando el tamaño de los diferentes compartimentos del órgano.

3.9. Omaso

Absorbe agua y ácidos grasos volátiles, además de reducir el tamaño de las partículas alimenticias. Teniendo en cuenta a Matadero Gran Canaria (2018), el omaso es esférico y está conectado al retículo por un conducto corto. Hay quien lo llama ‘la biblia del carnicero’ por sus pliegues que recuerdan a las hojas de un libro. Estos pliegues aumentan el área de su superficie, lo que incrementa el área que absorbe los nutrientes de los alimentos y del agua.

3.10. Abomaso

Es el verdadero estomago glandular, donde se realiza la digestión enzimática similar a la de los microorganismos.

El abomaso es conocido como el verdadero estomago de los rumiantes, donde ocurre la digestión ácida similar a la de los monogástricos. Aquí, las proteínas de los alimentos son descompuestas por enzimas digestivas y ácido clorhídrico, facilitando la absorción de nutrientes en el intestino delgado. (McDonald et al., 2010).

3.11. Desparasitante

Ambiotec Solutions (2022), menciona que “es muy recomendable hacer la desparasitación para conseguir bienestar animal, un mayor aprovechamiento de nutrientes que se pueda reflejar en los parámetros productivos del animal y para evitar contagiar a personas, ya que existen parásitos zoonóticos”.

3.12. Vitaminas

Como describe Quintero (2023), “desde el nacimiento hasta la edad adulta, los ovinos requieren una nutrición equilibrada que incluya las vitaminas y minerales necesarios para apoyar su crecimiento, desarrollo, función metabólica, producción y reproducción”.

3.13. Nopal

3.13.1. Generalidades

El nopal es una planta suculenta que mide entre 1,5 y 3 metros de altura. Los tallos (cladodios o “palas”) son aplanados y de color verde grisáceo, las flores son de color amarillo y los frutos varían entre amarillo, el rojo y el púrpura y contienen pequeñas semillas que generalmente se

consumen junto con la carne del fruto. La planta se reproduce mediante semillas, pero también puede propagarse con relativa facilidad de forma vegetativa a partir de tallos desprendidos Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, s.f.)

3.13.2. Origen

El nopal ha sido una planta fundamental en la vida de los habitantes del actual territorio mexicano desde tiempos prehistóricos. Se estima que hace alrededor de 20 mil años al llegar los primeros grupos humanos nómadas a la cuenca de México diversos tipos de cetáceas comenzaron a integrarse como una fuente clave en su alimentación. La domesticación del nopal fue un proceso largo que se consolidó hace 9 mil años. (Milo, 2022).

3.13.3. Clasificación taxonómica

La taxonomía del nopal fue descrita por Carlos Linnaeus en 1753.

Cuadro 2. Clasificación taxonómica del nopal

| Clasificación taxonómica | |
|--------------------------|-------------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Embryophita |
| División | Angiospermae |
| Clase | Dicotyledonea |
| Subclase | Dialipétalas |
| Orden | Opuntiales |
| Familia | Cataceae |
| Subfamilia | Opuntioideae |
| Tribu | Opuntiae |
| Géneros | Opuntia y Nopalea |

Fuente: (Castillo, 2013).

3.13.4. Morfología

El nopal posee una morfología adaptada a zonas áridas, con cladodios planos que realizan fotosíntesis y almacenan agua. Estos tallos tienen espinas y gloquidios como defensa, sus flores grandes y vistosas crecen en los bordes y sus frutos son llamados tunas los cuales son comestibles. Cuenta con raíces fibrosas que absorben agua eficientemente, además puede

reproducirse por semillas o fragmentos facilitando su crecimiento en ambientes difíciles (FAO, 2018).

3.13.5. Adaptabilidad

El nopal se encuentra en un amplio rango de altitud, se le encuentra desde el nivel de mar hasta 2,675 m.n.s.n. y su óptimo esta entre 800 y 2,500 m.s.n.m. El rango de temperatura para el crecimiento del nopal es de 6 a 36 °C y la temperatura óptima es de 15 a 16 °C. Su tolerancia a heladas varia con la especie y variedad (Flores y Reveles, s.f.).

3.14. Usos del nopal

Nopal como forraje: Se ha utilizado en la cultura mexicana a fines del siglo XX como complemento en las dietas alimenticias o como alimento del ganado en pastoreo. Para el consumo del nopal en ovinos se ha recomendado de acuerdo con investigaciones para una oveja de 35 kg en de aproximadamente 350 g de nutrientes digestibles totales, en el caso de bovinos requieren 2.85 kg de nutrientes digestibles totales (Castillo, 2013).

Jugos y bebidas: El jugo de nopal es el extracto obtenido de la molienda y prensado del cladodio. El proceso de obtención del jugo de nopal consiste en moler en un equipo industrial o doméstico (licuadora) los nopalitos previamente desespinaados y cortados; para facilitar el proceso se adiciona agua y el licuado obtenido se filtra para separar los sólidos en suspensión del líquido (Valdez et al., 2008).

3.15. Fermentación en estado sólido (FES).

Sánchez (2007), plantea que es un proceso microbiológico que ocurre comúnmente en la superficie de materiales solidos que tienen la propiedad de absorber y contener agua, con o sin nutrientes solubles, convirtiéndolo en uno de los métodos más prometedores para la producción de proteína no convencional.

3.16. Nopal fermentado

La fermentación, llevada a cabo por bacterias y levaduras transforman compuestos orgánicos en otros compuestos orgánicos esta ha sido empleada desde la antigüedad para conservar alimentos, crear bebidas y aportar características como sabores, aromas, texturas y compuestos útiles en distintos procesos alimentarios y biotecnológicos. (Alcaraz, 2020).

Desde hace años, en países como Cuba el autor Lezcano (1993) y recientemente en México Aranda (2006), se ha empleado la fermentación de ingredientes fácilmente digeribles como melaza o residuos frutales. Sin embargo, las tecnologías desarrolladas especialmente por equipos mexicanos y brasileños implican procesos costosos y complejos como deshidratar y moler el nopal previo a la fermentación, situación que compromete su aplicación para aquellos pequeños y medianos productores (Alcaraz, 2020).

3.17. Uso del nopal en la alimentación de ovino

El elevado contenido de agua en el nopal suele ser un factor que reduce su consumo en ovejas. No obstante, en épocas de sequías, esta característica resulta beneficiosa permitiendo que los animales se alimenten durante largos periodos sin necesidad de agua adicional. Para mejorar su ingesta, se sugiere dejar secar o marchitar el nopal picado antes de ofrecerlo en los comederos. (Vázquez, 2016).

El alto nivel de humedad del nopal hace que normalmente no sea posible para el animal consumir la materia seca requerida para lograr mejor comportamiento animal en términos de producción de leche o ganancias de peso. Borregos recibiendo nopal oreado o fresco consumieron 580 a 800 g/d MS que borregos recibiendo nopal deshidratado (507 g/d) (Vázquez, 2016).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del estudio

El estudio se realizó en el Centro de Práctica Ovino Caprino de la finca Santa Rosa de la Dirección Específica de Ciencia Animal, Universidad Nacional Agraria, Managua Nicaragua. Situada del desvío a Sabana Grande 200 m Norte, 100 m Oeste. Ubicada geográficamente con coordenadas 12° 08' 33" latitud norte y 86° 10' 31" longitud oeste, con temperaturas promedio anual de 28°C con máximas de 41°C, precipitación promedio de 1000 mm y 2000 mm anuales y humedad relativa del 72% (INETER, 2024).

4.2. Diseño metodológico, diseño experimental o diseño de tratamientos

4.2.1. Diseño experimental

Se utilizaron 16 ovejas en desarrollo de diferentes grupos raciales, los cuales serán distribuidos mediante un diseño completamente aleatorio (DCA), en 4 tratamientos con 4 ovejas por tratamiento.

4.2.2. Tratamientos

En el estudio se evaluaron 4 tratamientos:

T1: Pasto con melaza.

T2: Pasto con melaza + 1 kg Concentrado.

T3: Pasto con melaza + FES de nopal + 0.5 kg de concentrado.

T4: Pasto con melaza + FES de nopal.

4.2.3. Alojamiento

Los animales se mantuvieron separados en grupos de cuatro individuos por cubículo. Cada cubículo contó con piso de concreto y malla metálica en los bordes, utilizada también como separación entre ellos. Los dos primeros cubículos tienen dimensiones de 3 m de ancho por 4.5 m de largo, equipados con comederos de 1.45 m de largo por 0.50 m de ancho y bebederos de 1.10 m de largo, 0.40 m de ancho y 15 cm de profundidad. Los otros dos cubículos tenían medidas de 4.5 m de largo por 4 m de ancho, con comederos de 2.85 m de largo por 0.50 m de

ancho, y bebederos de 1.10 m de largo por 0.50 m de ancho. Las puertas de todos los cubículos tenían un tamaño uniforme de 1.15 m de ancho por 1.22 m de alto.

4.3. Manejo del ensayo y metodología

La investigación es un trabajo experimental, donde se utilizó la preparación del nopal y su aplicación en la dieta en la especie de ovinos. En la investigación se realizó el manejo Zoonosanitario del centro de practica para y se respetó las horas de alimentación a la que estaban acostumbradas.

4.3.1. Comportamiento productivo

La recolección de datos se realizó mediante una bitácora donde se anotaron diariamente el alimento ofrecido a cada unidad experimental, se pesó el alimento ofrecido y el alimento rechazado 2 veces en el día y de esta manera se obtuvo el consumo de alimento diario (CAD).

Los animales fueron pesados al inicio del experimento, semanalmente y al finalizar el experimento. A partir de la diferencia entre ambos pesos, se calculó la ganancia Media diaria, la obtención de la conversión alimenticia se utilizará las variables anteriores dividiendo CAD/GMD.

4.3.2. Obtención del nopal fermentado

Para la elaboración del nopal fermentado se utilizó material vegetal (cladodio) proveniente de una plantación establecida en el año 2022. Este cultivo fue manejado de manera tradicional, sin la aplicación de fertilizantes, herbicidas ni sistema de riego. Perteneciendo al Centro de Practica Ovino-Caprino y Centro de Practica Cunicola-Avicola, ubicados en la finca Santa Rosa, perteneciente a la Dirección Especifica de Ciencia Animal.

Antes de iniciar con el desarrollo del experimento, se realizó un control de maleza en el área donde está establecido el nopal, con el fin de establecer un ambiente favorable para el crecimiento y aprovechamiento.

4.4. Preparación de la fermentación de *Saccharomyces cerevisiae*

Se utilizaron baldes plásticos donde se incorporaron agua destilada, azúcar morena, melaza, ácido cítrico y *Saccharomyces cerevisiae*. Cada ingrediente se añadió de forma gradual, y la mezcla se agitó después de cada incorporación para favorecer la homogenización.

Posteriormente, se dejó fermentar a temperatura ambiente durante 24 horas. Se trabajó con la metodología de Zamora y Paredes, no publicado.

4.5. Elaboración del nopal fermentado

Se recolectaron los cladodios, las cuales fueron procesadas en una picadora hasta obtener partículas de aproximadamente 2–3 cm, posteriormente, el material triturado se almacenó en baldes plásticos, donde se le añadieron *Saccharomyces cerevisiae*, ácido cítrico, sales minerales, sulfato de amonio, urea, semolina y cultivo activado de *Saccharomyces cerevisiae* (ver fórmula en cuadro 3). Cada ingrediente se añadió de forma gradual, y la mezcla se agitó después de cada incorporación de materiales.

Cuadro 3. Fórmula del fermentado de nopal

| Ingredientes | Inclusión |
|---------------------------------|------------------|
| Cladodios de <i>Opuntia sp</i> | 8.79 kg |
| <i>Saccharomyces cerevisiae</i> | 12 g |
| Ácido cítrico | 20 g |
| Sales minerales vitamínicas | 50 g |
| Sulfato de amonio | 80 g |
| Urea | 150 g |
| Semolina | 300 g |
| Microorganismo activado | 1 lt |

4.6. Preparación del concentrado artesanal

Esta preparación se realizó en cuatro ocasiones durante los 56 días, agregando los ingredientes de menor a mayor cantidad. Cada vez que se añadía un ingrediente, la mezcla se revolvía, para obtener un resultado homogéneo libre de grumos. El concentrado elaborado contenía un 16% de PB, formulado con base a los requerimientos nutricionales de los animales y las características de los ingredientes disponibles.

Cuadro 4. Fórmula del concentrado artesanal

| Ingredientes | % de inclusión |
|--------------------------|-----------------------|
| Sal común | 1 |
| Mezcla mineral vitaminas | 2 |
| Melaza | 3 |
| Suero dulce vacuno | 12 |
| Harina de soya | 17.59 |
| Sorgo | 25 |
| Maíz | 39.41 |

4.7. Datos o variables evaluados

4.7.1. Duración del estudio

El estudio tuvo una duración de 56 días, iniciando el 30 de septiembre y finalizando el 25 de noviembre del año 2024.

4.7.2. Variables del estudio

4.7.3. Ganancia de peso Media Diaria (GMD)

Se realizó mediante la diferencia entre el peso final y el peso inicial, dividido entre la duración del experimento.

$$GMD = \frac{\text{Peso Final (g)} - \text{Peso Inicial (g)}}{\text{Duracion del Experimento (dias)}}$$

4.7.4. Consumo de Alimento Diario (CAD)

Este se realizó mediante la diferencia entre la cantidad de alimento ofrecido y la cantidad de alimento sobrante, en un periodo de 24 horas.

$$CAD = \text{Alimento ofrecido} - \text{Alimento rechazado}$$

4.7.5. Conversión alimenticia

Se realizo mediante la relación total del alimento consumido dividido entre la ganancia de peso.

$$CAL = \frac{\text{Total de Alimento Consumido}}{\text{Ganancia de Peso}}$$

4.8. Análisis de datos

4.8.1. Análisis estadístico

Los datos fueron analizados utilizando el Modelo Lineal General del Software MINITAB versión 22.1.0 (Minitab, 2024). El procedimiento de separación de medias por la prueba de Tukey del Minitab fue utilizado cuando las diferencias entre tratamientos eran significativas. El modelo aditivo lineal utilizado fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij} : representa la j -ésima observación en el i -ésimo nivel de sustitución de concentrado artesanal por Nopal fermentado en estado semi sólido.

μ : es la media general y representa el estimador de la media de la población.

T_i : representa el efecto del i -ésimo nivel de sustitución de concentrado artesanal por Nopal fermentado en estado semi sólido.

ϵ_{ij} : es el error residual aleatorio o estimador del efecto aleatorio de variación generada en el experimento.

4.9. Análisis financiero

Con el objetivo de comparar los costos de cada dieta, así como la relación beneficio-costos al sustituir un tratamiento por otro, se realizó un análisis de presupuesto parcial con la metodología sugerida por Pérez (1993)

Los presupuestos parciales para cada tratamiento se basaron en los costos del alimento. En general se consideran cuatro partidas básicas que se clasifican como:

Nuevas entradas

A. Costos reducidos (del rubro que se piensa sustituir)

B. Nuevos ingresos (del rubro que se piensa introducir)

Nuevas salidas

C. Nuevos costos (del rubro que se piensa introducir)

D. Ingresos reducidos (del rubro que se piensa sustituir)

La diferencia entre la sumatoria de $(A + B)$ y la sumatoria de $(C + D)$, indica si el cambio produjo utilidades, en el caso que sea negativo el cambio no se justifica.

4.10. Manejo de factores no sujetos a evaluación

4.10.1. Preparación de los animales

Antes de iniciar con el estudio se pesó a cada uno de los animales, además fueron vitaminados y desparasitados. Distribuidos en corrales con piso de concreto y malla metálica en los bordes, equipados con comederos y bebedero, el alimento se ofrecía a las 8:00 a.m. y a las 2:00 p.m. El pasto y el nopal ofrecido se ajustaba de acuerdo con el consumo de los animales.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Consumo semanal de alimento acumulado

En la figura 1, se puede observar los valores obtenidos en consumo de alimento semanal para los cuatro tratamientos. El promedio de consumo total de alimento acumulado durante el periodo experimental de 8 semanas fue de 51.09 kg de MS animal⁻¹. Se observó una tendencia a un mayor consumo de alimentos en el tratamiento P + 1kg CA el cual superó en 14% el consumo de alimento promedio de los dos tratamientos en los que se incluyó FES Nopal (P+0.5 kg CA + FESSN y P + FESSN) y en 69.5% el consumo obtenido en el tratamiento P.

Asimismo, en las primeras semanas del experimento se observó un leve aumento en consumo de alimento en los tratamientos que incluyeron concentrado y FES Nopal, en comparación con el tratamiento solo pasto, lo cual se fue incrementando a medida que transcurrió el periodo experimental.

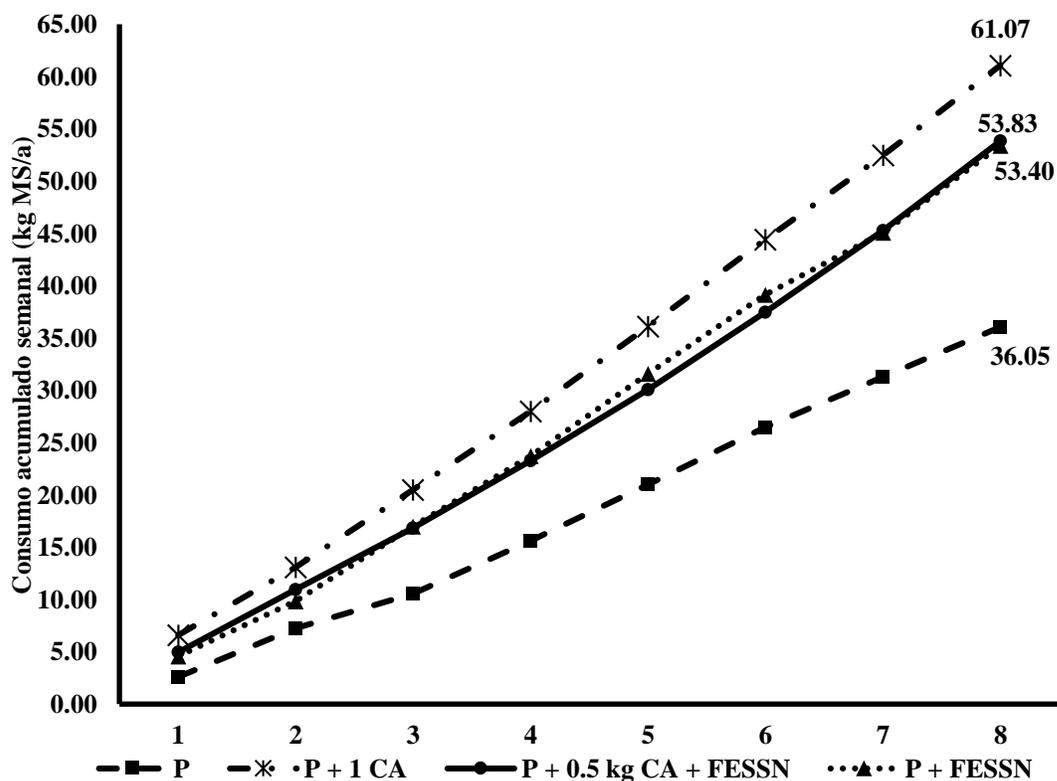


Figura 1. Consumo semanal del alimento acumulado.

P: Pasto, **P + 1 kg CA:** Pasto+ 1 kg de concentrado, **P + 0.5 kg + FESSN:** Pasto + 0.5 de concentrado + Nopal fermentado, **P + FESSN:** Pasto + nopal fermentado.

Einkamerer (2009), reportó que la inclusión de 24% y 36% de nopal deshidratado en dietas destinadas a corderos Dorper resultó en consumos acumulados de materia seca de 61.92 kg y 62.68 kg, respectivamente, al término de un periodo experimental de nueve semanas, estos valores superan los obtenidos en la presente investigación.

En la investigación de Mejía (2011), reporto un consumo de la primera a la octava semana de 46.6 kg en ovinos en crecimiento suplementados con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado, siendo este inferior a los del estudio realizado. Esta diferencia podría atribuirse a la forma de presentación del suplemento, ya que el uso de bloques solidos puede limitar la ingesta voluntaria, en comparación con dietas más palatables o de mayor disponibilidad física. Araujo-Febres (1997)

Diversas investigaciones llevadas a cabo por autores como Castillo (2013), reporta consumos de 50.13 y 51.21 kg en ovinos alimentados con nopal en combinación en enzimas celulasa, valores comparables a los obtenidos en este estudio. Esto sugiere que la inclusión de nopal, especialmente junto a aditivos que mejoran la digestión de la fibra, puede mantener un consumo adecuado en ovinos en crecimiento.

Investigaciones previas desarrolladas por Muciño (2014), muestran que la inclusión de un 25% y 50% de harina de nopal en la dieta de ovinos resultó en consumos acumulados de 42 kg y 35 kg. Estos valores son más bajos en comparación con los obtenidos en el presente estudio, donde ovejas alimentadas con nopal fermentado registraron consumos de 53.83 kg y 53.40 kg.

Estos hallazgos resaltan la importancia de considerar no solo la composición nutricional, sino también la presentación y tecnología de procesamiento de los suplementos utilizados en la alimentación de ovinos.

5.2. Conversión alimenticia

En el cuadro 5, observamos la conversión alimenticia para los cuatro tratamientos aplicados en ovinos. El tratamiento P + 1 kg CA presentó el mayor consumo total (61.07 kg MS/a) y la mejor eficiencia alimenticia (5.95 kg MS/kg PV), superando en un 17% a los tratamientos que incluyeron FESSN (P + 0.5 kg CA + FESSN y P + FESSN), y en un 52% al tratamiento basado exclusivamente en pasto (P), que presentó menor rendimiento alimenticio con 12.52 kg MS/kg PV.

Asimismo, se observó que, aunque los tratamientos con FESSN no alcanzaron la eficiencia del concentrado artesanal, lograron un balance favorable entre consumo y ganancia de peso, con resultados similares entre ellos (7.17 kg y 7.20 kg). Esto refleja que el uso de FESSN puede representar una opción sostenible para mejorar el aprovechamiento del alimento sin recurrir exclusivamente a suplementos comerciales. La combinación de ambos indicadores permite evidenciar que no solo el consumo total es importante, sino también la calidad y eficiencia con la que los nutrientes son transformados en peso vivo.

Cuadro 5. Comportamiento productivo de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado

| Items | Tratamientos | | | |
|--|--------------|----------------|-----------------------------|--------------|
| | P | P + 1 kg CA | P + 0.5 kg CA + FESSN | P + FESSN |
| Cons, acumul. P (kg MS/a) | 36.05 | 16.18 | 15.96 | 26.24 |
| Cons. acumul. CA (kg MS/a) | ----- | 44.89 | 14.91 | ----- |
| Cons. acumul, FESSN (kg MS/a) | ----- | ----- | 22.96 | 27.16 |
| Cons. acumul, total (kg MS/a) | 36.05 | 61.07 | 53.83 | 53.40 |
| Conversión alimenticia (kg MS kg ⁻¹ PV) | 12.52 | 5.95 | 7.17 | 7.20 |

P: Pasto, **P + 1 kg CA:** Pasto+ 1 kg de concentrado, **P + 0.5 kg + FESSN:** Pasto + 0.5 de concentrado + Nopal fermentado, **P + FESSN:** Pasto + Nopal fermentado.

El estudio efectuado por López (2013) reportó valores de conversión alimenticia de 8.54 kg y 7.0 kg en bovinos con una edad promedio de 10 meses, manejados bajo un sistema de estabulación. Estos resultados se obtuvieron al suministrar concentrado comercial con 20% de nopal y concentrado comercial con 20% de nopal más enzimas, respectivamente.

Autores como Castillo, (2013) reportó una conversión alimenticia de 7.10 kg en ovinos alimentados con una dieta a base de nopal, valor que resulta similar al observado en el presente estudio. Asimismo, al adicionar enzima celulasa a dicha dieta, se obtuvieron conversiones de 5.50 kg y 5.80 kg, las cuales evidencian una mayor eficiencia en comparación con los resultados obtenidos en esta investigación.

Muciño (2014). al evaluar el efecto de la inclusión de harina de nopal en la dieta de borregos, observó que una concentración del 25% permitió alcanzar una conversión alimenticia de 5.4 kg en contraste, al incrementar la inclusión al 50%, la conversión alimenticia se elevó a 8.7 kg.

5.3. Comportamiento de peso vivo en ovejas

En la figura 2 se muestra el comportamiento del peso vivo de ovinos sometidos a diferentes tratamientos dietéticos, los cuales incluyeron forraje base (pasto), concentrado artesanal (CA) y suplemento con fermentados de nopal (FESSN). El análisis de varianza evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos P + 1 kg CA, P + 0.5 kg + FESSN ($p < 0.05$), lo cual indica que el tipo de suplementación influyó de manera directa sobre la ganancia de peso vivo en los animales evaluados.

Sin embargo, los tratamientos P + 0.5 kg + FESSN y P + FESSN, no presentaron diferencias significativas entre ellos.

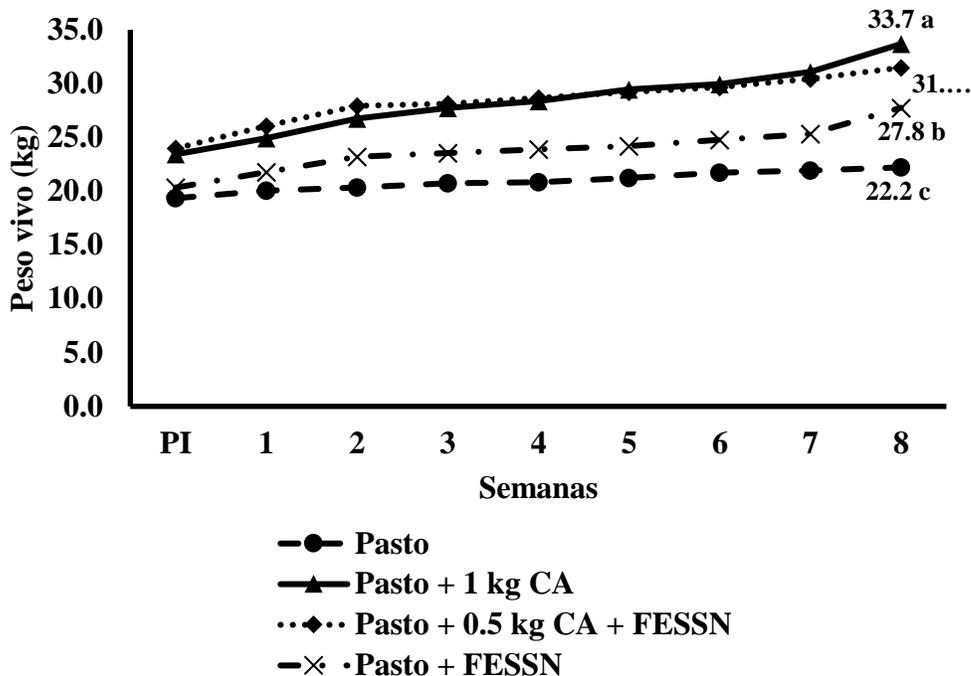


Figura 2. Comportamiento de peso vivo de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado.

P: Pasto, **P + 1 kg CA:** Pasto+ 1 kg de concentrado, **P + 0.5 kg + FESSN:** Pasto + 0.5 de concentrado + Nopal fermentado, **P + FESSN:** Pasto + Nopal fermentado.

A la octava semana, Mejía et al. (2011) reportaron un peso final de 28.91 kg en ovinos alimentados con bloques multinutricionales a base de nopal, resultado que guarda concordancia con los valores obtenidos en el presente estudio, evidenciando el potencial del nopal como recurso suplementario en sistemas de alimentación ovina.

En estudios realizado por López (2012) reportó que, en la séptima semana del periodo experimental, obtuvo una ganancia de peso promedio de 21.66 kg en animales que fueron alimentadas con una dieta basada en ensilaje de nopal. En nuestro estudio en la séptima semana obtuvimos ganancias de peso promedio de 25.3 kg y 30.4 kg. En ambos experimentos se trabajaron con animales estabulados.

Autores como Echeverría (2014), reportó un peso vivo de 22.63 kg a la décima semana en ovinos alimentados con silo de botón de oro bajo un sistema de estabulación, valor que resulto inferior al obtenido en el presente experimento. Por otro lado, Silva et al., (2022), registraron un peso

final de 32.04 kg a la novena semana en ovinos alimentados con ensilaje como alimento total a base de nopal, peso superior a los encontrados en el experimento.

5.4. Ganancia de peso vivo total

En la figura 3 presenta la ganancia de peso vivo total en ovinos alimentados con diferentes estrategias de suplementación durante un periodo experimental de 56 días. directa de la dieta. El tratamiento P+1 kg CA mostró la mayor respuesta, con ganancia promedio de 10.26 kg destacándose como el esquema nutricional más efectivo, por otro lado, los tratamientos P + 0.5 kg CA + FESSN y P + FESSN presentaron ganancias de 7.51 kg y 7.42 kg respectivamente sin diferencias estadísticas entre ambos. En contraste el tratamiento solo pasto obtuvo 2,88 kg, lo cual demuestra que una dieta exclusiva forrajera no es suficiente para garantizar un crecimiento adecuado. Esto coincide con los reportado por Mejía et al, (2011), quienes señalaron que los ovinos en desarrollo requieren suplementación estratégica para alcanzar su potencial productivo.

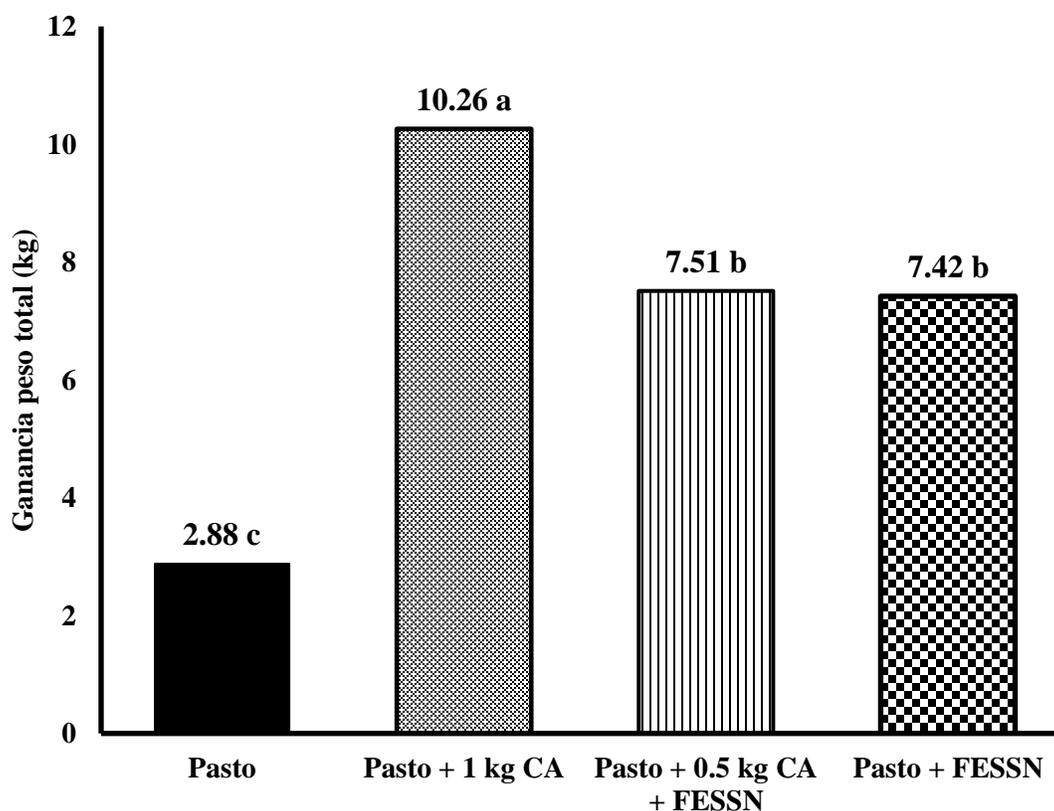


Figura 3. Ganancia de peso vivo total (kg) de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado.

P: Pasto, **P + 1 kg CA:** Pasto+ 1 kg de concentrado, **P + 0.5 kg CA + FESSN:** Pasto + 0.5 de concentrado + Nopal fermentado, **P + FESSN:** Pasto + Nopal fermentado.

En estudio realizado por López (2012), reportó una ganancia de peso total a la séptima semana de 7.06 kg en animales alimentadas con ensilaje de nopal y manejados bajo un sistema de explotación estabulado, en la misma condición de estabulación se obtuvieron valores similares en este estudio.

Al suplementar a ovejas con pulpa de café fermentado Aguirre y colaboradores (2017) reportaron ganancias de peso vivo total de 6.56 kg, en contraste con los 3.3 kg obtenidos en ovejas alimentadas únicamente con pasto. Estos resultados son comparables a los encontrados en el presente experimento, donde ovejas suplementadas con nopal fermentado alcanzaron 7.51 kg y 7.42 kg. Por otro lado, las ovejas que solo consumieron pasto mostraron una ganancia menor de 2.88 kg.

Investigaciones realizadas por Silva et al., (2022), reporta valores de ganancia de peso total de 11.0 kg, 10.1 kg, 10.9k g, 11.2 kg, 11.9 kg, en ovinos suplementados con ensilaje a base de nopal, valores superiores a los encontrados en el este estudio.

5.5. Ganancia media diaria

En la figura 4, se expone los resultados obtenidos en cuanto a la ganancia media diaria de los ovinos sometidos a distintos tratamientos alimenticios l tratamiento P + 1 kg de concentrado artesanal (CA) alcanzó la mayor GMD, con un valor de 183.21 g/día, mostrando una diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos ($p < 0.05$). En segundo lugar, se ubicaron los tratamientos P+ 0.5 kg CA + FESSN (134.11 g/día) y P + FESSN (132.50 g/día), sin diferencias significativas entre ellos.

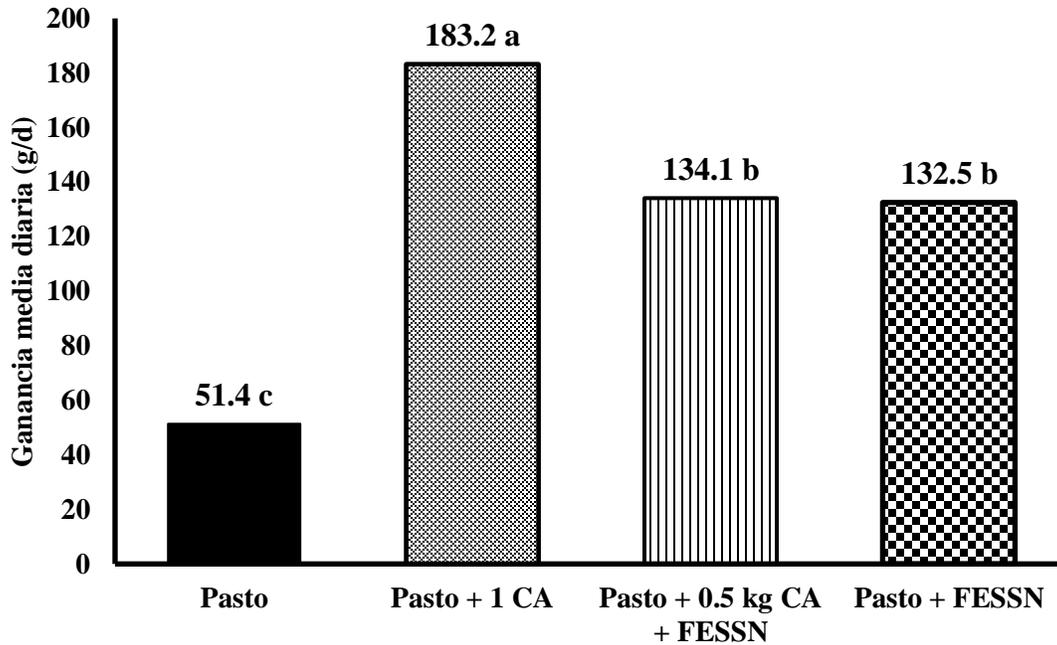


Figura 4. Ganancia media diaria (g/día) de ovinos alimentados con pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado.

P: Pasto, **P + 1 kg CA:** Pasto+ 1 kg de concentrado, **P + 0.5 kg + FESSN:** Pasto + 0.5 de concentrado + Nopal fermentado, **P + FESSN:** Pasto + Nopal fermentado.

Investigaciones previas como la de López (2012) reportó una ganancia media diaria (GMD) de 141g en ovejas que fueron alimentadas con una dieta basada en ensilaje de nopal, bajo un sistema de explotación estabulado. Este valor refleja una respuesta productiva positiva al uso de este forraje alternativo, destacando su potencial como suplemento en regiones donde el nopal es abundante. La GMD alcanzada en dicho estudio supera los valores obtenidos en la presente investigación, lo cual puede atribuirse a varios factores, tales como la calidad nutricional del ensilaje utilizado, la formulación precisa de la dieta, el estado fisiológico de los animales.

Como resultado de la suplementación con pulpa de café fermentado Aguirre y colaboradores (2017), reportaron ganancia media diaria en ovejas de 74,11 g en contraste con los 37.78 g obtenidos en ovejas alimentadas a base de pasto. En comparación las ovejas alimentadas con nopal fermentado en el presente estudio se reportan ganancias medias diarias, con valores de 134.1 g y 132.4 g, mientras que los animales alimentados solo con pasto alcanzaron una GMD de 51.4 g.

Investigaciones previas realizada por Silva et al., (2022), reporta valores de ganancia media diaria de 183 g, 168 g, 169 g, 186 g, 198 g en ovinos suplementados con ensilaje a base de nopal, valores superiores a los encontrados en el este estudio.

5.6. Análisis económico

Aplicando la metodología de presupuestos parciales, se evaluó el efecto económico de cuatro tratamientos alimenticios en ovinos, utilizando como parámetros el consumo de suplemento (concentrado artesanal y nopal fermentado), la ganancia de peso total y el ingreso por venta de carne en pie como variable de medición.

Para el tratamiento base (solo pasto), se obtuvo una ganancia de peso total de 2.88 kg (equivalente a 6.34 libras), lo que generó un ingreso bruto de C\$ 158.50 sin incurrir en costos por suplementación, por lo que la utilidad bruta fue también de C\$ 158.50 por animal.

En el tratamiento suplementado con 1 kg de concentrado artesanal (P + 1 kg CA), se registró una ganancia de peso total de 10.26 kg (22.57 libras), con un ingreso bruto de C\$ 564.25. El consumo acumulado de concentrado fue de 44.89 kg de materia seca por animal, con un costo total de C\$ 469.10. Esto resultó en una utilidad bruta de C\$ 95.15 por animal. A pesar del mayor peso ganado, el alto costo de suplementación redujo significativamente la rentabilidad de este tratamiento.

En el tratamiento con 0.5 kg de concentrado más nopal fermentado (P + 0.5 kg CA + FESSN), se obtuvo una ganancia de peso de 7.51 kg (16.52 libras), generando un ingreso bruto de C\$ 413.00. El costo del consumo de concentrado (14.91 kg MS) fue de C\$ 155.81, mientras que el consumo nopal fermentado (22.96 kg MS) costó C\$ 76.23, sumando un total de C\$ 232.04 en suplementación. La utilidad bruta fue de C\$ 180.96, mostrando una buena relación entre ganancia de peso y costos, con una rentabilidad más equilibrada.

Finalmente, el tratamiento con nopal fermentado (P + FESSN) obtuvo una ganancia de peso total de 7.42 kg (16.32 libras), generando un ingreso bruto de C\$ 408.00. El consumo de nopal fermentado fue de 27.16 kg MS por animal, con un costo total de C\$ 90.17. Esto dio lugar a la mayor utilidad bruta del estudio: C\$ 317.83 por animal, destacándose como el tratamiento más rentable debido al bajo costo del insumo y una ganancia de peso considerable.

Este análisis evidencia que, aunque el tratamiento con mayor ganancia de peso (P + 1 kg CA) generó el mayor ingreso bruto, no fue el más rentable por el alto costo del concentrado. En contraste, el uso exclusivo de nopal fermentado permitió obtener la mayor utilidad bruta con una inversión menor, siendo una alternativa viable y eficiente para mejorar la rentabilidad en la alimentación de ovinos.

Cuadro 6. Análisis de costos parciales y utilidad bruta de alimentación de ovinos a base de pasto y suplementados con concentrado artesanal y nopal fermentado

| Ítems | Tratamientos | | | |
|---|---------------|----------------|-----------------------------|---------------|
| | P | P + 1 kg CA | P + 0.5 kg CA + FESSN | P + FESSN |
| GPT (kg) | 2.88 c | 10.26 a | 7.51 b | 7.42 b |
| GPT (libras) | 6.34 | 22.57 | 16.52 | 16.32 |
| Precio libra de carne en pie (C\$) | 25.00 | 25.00 | 25.00 | 25.00 |
| Ingreso bruto venta carne (C\$) | 158.50 | 564.25 | 413.00 | 408.00 |
| Cons. acumul. CA (kg MS/a) | ----- | 44.89 | 14.91 | ----- |
| Costo kg CA (C\$/kg) | ----- | 10.45 | 10.45 | ----- |
| Costo consumo CA (C\$) | ----- | 469.10 | 155.81 | ----- |
| Cons. acumul. FESSN (kg MS/a) | ----- | ----- | 22.96 | 27.16 |
| Costo kg FESS Nopal (C\$) | ----- | ----- | 3.32 | 3.32 |
| Costo consumo FESS Nopal (C\$) | ----- | ----- | 76.23 | 90.17 |
| Costo total suplementación (C\$) | ----- | 469.10 | 232.04 | 90.17 |
| Utilidad bruta (C\$) | 158.50 | 95.15 | 180.96 | 317.83 |
| | | - 63.35 | 22.46 | 159.33 |

VI. CONCLUSIONES

La inclusión de nopal fermentado en dieta de ovejas en desarrollo, mejora el comportamiento productivo y económico demostrando ser una alternativa viable, favoreciendo prácticas de alimentación accesible y sostenibles en las explotaciones ovinas, aportando en la adaptación a las condiciones agroecológicas de las unidades de producción.

El uso de nopal fermentado como suplemento en la alimentación de ovinos demostró ser efectivo al generar mayores ganancias de peso vivo en comparación con la dieta estándar basada en pasto. Estos resultados evidencian el potencial del nopal fermentado para mejorar el rendimiento productivo en sistemas de producción ovina.

El rendimiento productivo en ovinos alimentados con nopal fermentado, demostró ser una alternativa económicamente viable generando una utilidad neta de C\$ 317.83. por animal.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda promover la producción y uso de nopal fermentado (FESSN) en fincas ovinas como una alternativa accesible y de bajo costos, especialmente en regiones donde existe limitaciones forrajeras con periodos bien marcados de sequias por su capacidad de crecer en suelos pobres y con mínima necesidad de agua. Asimismo, aportar a la sostenibilidad de las fincas en el tiempo.

Se recomienda realizar investigaciones con diferentes grupos raciales de ovinos para evaluar el impacto del nopal fermentado en otras variables como la salud ruminal, parámetros reproductivos y calidad de la carne, así como su comportamiento en diferentes épocas del año.

VIII. LITERATURA CITADA

- Alcaraz Nava, U. (2020). *Fomento de nopal forrajero fermentado en ganado vacuno* (Tesis de postgrado). Universidad Autónoma Agraria Antonio. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/47010/Alcaraz%20Nava%2c%20Ulises%20Antonio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Álvarez Romero, J., & Rodrigo, A. (2005). *Ovis aries* (domestica) Linnaeus, 1758. Información general. En Conabio: Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/exoticas/fichaexoticas/Ovisaries%20_dome stica__00.pdf
- Ambiotec Solutions. (2022). Desparasitación en ovinos. Recuperado de: <https://www.ambiotecsolutions.com/desparasitacion-en-ovino/>
- Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. (ATTRA). 2023. Recuperado de: <https://attra.ncat.org/es/publication/ovejas-produccion-sostenible-y-ecologica/>.
- Aguirre, L. A., Gutiérrez, D., Rodríguez, Z., & Chuquirima, D. (2017). Uso de pulpa de café fermentada en la alimentación de ovinos criollos en pastoreo: ventajas técnicas y económicas. *CEDAMAZ*, 7(1). Recuperado a partir de <https://revistas.unl.edu.ec/index.php/cedamaz/article/view/379>
- Castillo Hernández, K. (2013). *Evaluación de la inclusión de Nopal (Opuntia ficus indica) en combinación de enzimas celulasa sobre la respuesta productiva de ovino* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7126/CASTILLO%20HERN%c3%81NDEZ%2c%20KARINA%20%20TESIS%20MAESTRIA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón Agüero, J. O., & Elías Iglesia, A. (2006). Contribución a la suplementación ovina con pollinaza fermentada (Vitafert) y cuatro niveles de melaza. *REDVET*. VII (9), 1-7. Recuperado de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=63612675003>
- Einkamerer, Ockert & Dewaal, H. & Combrinck, W.J. & Fair, Michael. (2008). Feed utilization and growth of Dorper wethers on Opuntia-based diets. *South African Journal of Animal Science*. 39. 53-57. 10.4314/sajas. v39i1.61178. (PDF) Feed utilization and growth of Dorper wethers on Opuntia-based diets
- Echeverría, J. M., Triana, D. E., y Roa Vega, M. L. (2014). Efecto de la suplementación con silo de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) en ovinos de ceba en pastoreo con *Brachiaria*

spp. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 5(2), 44-58. Recuperado a partir de <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/654>

Fiel Cesar, A. (2005). Manual Técnico: Antiparasitarios internos y endectocidas de bovinos y ovinos. Recuperado el 5 de septiembre de: https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/parasitarias/parasitarias_bovinos/65-manual_tecnico.pdf

Flores Ortiz, M., & Reveles Hernández, M. (s. f.). Producción de nopal forrajero de diferentes variedades y densidades de plantación. *Sitio Argentino de Producción Animal*. Recuperado 29 de agosto de 2024, de https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/Tuna/15-nopal_forrajero.pdf

González, G., Torres, G., & Mendoza, G. (2015). *Nutrición y alimentación de ovinos en sistemas de producción intensiva*. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/282604034_Nutricion_y_alimentacion_de_ovinos_en_sistemas_de_produccion_intensiva

Gestionagroganadera. (2021). La alimentación de las ovejas. Recuperado el 30 de agosto de 2024, de <https://gestionagroganadera.com/la-alimentacion-de-las-ovejas/>

Guevara, G. (2022, 12 agosto). Nicaragua con potencial en la producción de ovinos, caprinos y conejo. Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa. Recuperado 27 de agosto de 2024, de <https://www.economiafamiliar.gob.ni/websitemefcca-mvc/noticia-nicaragua-potencial-produccion-ovinos-caprinos-conejo/637>

Gracias Dioniso, D. (2016). Aspectos generales sobre el rumen y su fisiología. Ganadería.com. Recuperado de: <https://www.ganaderia.com/destacado/Aspectos-generales-sobre-el-rumen-y-su-fisiologia>

Ganzábal, A., Lira, R., Ugarte, E., Bidinost, F., Bermúdez, J., & Bidot, A. (2015). Guía práctica de producción ovina en pequeña escala en Iberoamérica. Programa Iberoamericano CYTED. INIA-Uruguay. Recuperado de <https://www.fao.org/family-farming/detail/es/c/425187/>

Herrera, J et al., (2010). Aspectos del manejo y alimentación de la reproductora ovina Pelibuey en Cuba *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, vol. 44, núm. 3, 2010, pp. 211-219. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193015664001.pdf>

INETER. (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). 2024

- Julián Ricardo, M. C., & Ramos Sánchez, L. B. (2007). Fermentación en estado sólido (i). Producción de alimento animal. *Tecnología Química*, XXVII (3), 17-22. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543754003.pdf>
- López Guarín, G. (2013). *Evaluación de la utilización de tres sustratos (guihse, bagazo de uva y nopal) hidrolizados mediante fermentación en medio sólido para su inclusión en dietas para bovinos en crecimiento*. (Tesis de maestría). Universidad Autónoma Agraria Antonio. Repositorio Institucional UAAAN. LOPEZ GUARIN, GUSTAVO TESIS.pdf
- López Hernández, P. (2012). *Suplementación con ensilado de nopal (Opuntia spp.) en caprinos*. (Tesis de licenciatura), Universidad Autónoma Agraria Antonio. Repositorio Institucional UAAAN. <http://www.repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5399/T19151%20%20LOPEZ%20HERNANDEZ%2C%20PEDRO%20%20%20%20TESIS.pdf?sequence=1>
- Lazcano-Ponce, Eduardo, Salazar-Martínez, Eduardo, Gutiérrez-Castrellón, Pedro, Ángeles-Llerenas, Angélica, Hernández-Garduño, Adolfo, & Viramontes, José Luis. (2004). Ensayos clínicos aleatorizados: variantes, métodos de aleatorización, análisis, consideraciones éticas y regulación. *Salud Pública de México*, 46(6), 559-584. Recuperado en 18 de abril de 2025, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0036-36342004000600012&lng=es&tlng=es.
- Matadero Gran Canaria, (2018). Así funciona el sistema digestivo de los rumiantes. Matadero Gran Canaria. <https://mataderograncanaria.com/asi-funciona-el-sistema-digestivo-de-los-rumiantes/>
- Milo, A. (2022, 15 noviembre). La historia del Nopal. *National Geographic*. Recuperado 29 de agosto de 2024, de <https://www.ngenespanol.com/naturaleza/nopal-la-planta-emblema-de-mexico-que-ha-sobrevivido-a-la-historia/>
- McDonald et al., (2010). *Animal Nutrition* (7th ed.). <https://eliasnutri.wordpress.com/wp-content/uploads/2020/07/animal-nutrition-7th-edition.pdf>
- Mejía Haro, J., Delgado Hernández, J. L., Mejía Haro, I., Guajardo Hernández, I., & Valencia Posadas, M. (2011). Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento. *Acta Universitaria*, 21(1), 11-16. Redalyc.Efectos de la suplementación con bloques multinutricionales a base de nopal fermentado sobre la ganancia de peso de ovinos en crecimiento

- National Research Council. (2007). Nutrient Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. *The National Academies Press*. Recuperado de: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/11654/nutrient-requirements-of-small-ruminants-sheep-goats-cervids-and-new>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (s. f.). Cultivos tradicionales. Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado 28 de agosto de 2024, de <https://www.fao.org/traditional-crops/cactuspear/es/>
- Quintero Jessica. (2023). Vitaminas esenciales para ovinos. California. Recuperado de: <https://californiasaludanimal.com/vitaminas-esenciales-para-ovinos/>
- La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2018). Ecología del cultivo, manejo y usos del nopaL (Vol. 3). *Ruth Duffy*. <https://mel.cgiar.org/reporting/download/hash/ee685b9065be8deb39bb8aee092901eb>
- Omar Araujo-Febres. (1997). *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 14:377-384. Conferencia dictada en el Iº Taller sobre Investigación en Bloques Multinutricionales, Sociedad Venezolana de Pastizales, Universidad Simón Rodríguez. Valle de la Pascua. Junio 27 y 28, 1996. *Departamento de Zootecnia, Facultad de Agronomía, La Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. https://www.researchgate.net/profile/Omar-Araujo-Febres/publication/267706432_Experiencias_con_bloques_multinutricionales_en_el_estado_zulia/links/56e56b9908aedb4cc8ae6291/experiencias-con-bloques-multinutricionales-en-el-estado-zulia.pdf
- Romero, O., & Bravo, S. (s.f). Alimentación y nutrición en los ovinos (p. 25). Instituto de Investigación Agropecuaria. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/ee7c280f-b255-4f57-beff-3d1d429b473d/content>
- Sáenz García, A. (2007). *Ovinos y caprinos* [Repositorio UNA]. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2442/1/nl01s127o.pdf>
- Secretariado Uruguayo de la Lana (SUL). (2018). Manual Práctico de producción ovina (p. 84). https://www.sul.org.uy/descargas/lib/Manual_Pr%C3%A1ctico_de_Producci%C3%B3n_Ovina-2018.pdf
- Software de Control y Gestión de Ovinos Manual de Usuario (OvinApp). (2021). Rebaño ovino / Organización social y composición. Recuperado el 29 de agosto de 2024, de <https://ovinapp.com/rebano-ovino-organizacion-social-y-composicion/>

- Silva, J. K. B. da, Araújo, G. G. L. de, Santos, E. M., Oliveira, J. S. de, Campos, F. S., Gois, G. C., Silva, T. S., Matias, A. G. da S., Ribeiro, O. L., Perazzo, A. F., & Zanine, A. de M. (2022). Rendimiento de corderos alimentados con ensilaje como alimento total a base de nopal. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 13(1), 19–32. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v13i1.5849>
- Tasayco, E. S. (2018). Bases del diseño experimental en ciencia animal [Archivo PDF]. Elías Nutri. <https://eliasnutri.wordpress.com/wp-content/uploads/2018/11/clase-1-ii-p-disec3b1o-experimental.pdf>
- Vázquez Mendoza, P. (2016). *Aprovechamiento de nopal y tuna en la alimentación de ovinos* (Posgrado). Universidad Autónoma Chapingo México. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/49cd8cf3-0762-4437-8171-e0f2503c8084/content>
- Valdez Cepeda, R., Blanco Macías, F., Vázquez, R., & Magallanes Quintanar, R. (2008). Producción y usos del nopal para verdura. *Revista salud pública y nutrición*. Recuperado 29 de agosto de 2024, de <https://iniciativasolidaria.itesa.edu.mx/resources/DCVI/3.%20Producci%C3%B3n%20y%20usos%20del%20nopal.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Pesaje de los animales.



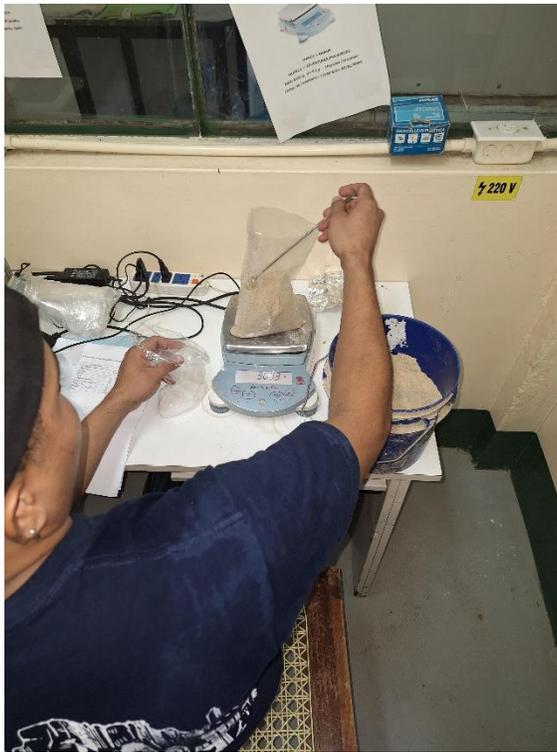
Anexo 2. Concentrado artesanal.



Anexo 3. Trituración del nopal.



Anexo 4. Pesaje de materias primas.



Anexo 5. Alojamiento.



Anexo 6. Ovinos durante el consumo de alimento.

