



Caracterización y uso del algarrobo como suplemento forrajero bovino en el trópico bajo ecuatoriano

Characterization and use of carob as a bovine forage supplement in the Ecuadorian low tropics

Caracterização e utilização da alfarroba como suplemento forrageiro bovino nos baixos trópicos equatorianos

Marco Antonio Alcívar Martínez ^I

marco.alcivar@espam.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9461-0955>

Ernesto Antonio Hurtado ^{II}

ernesto.hurtado@espam.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-2574-1289>

Carlos Octavio Larrea Izurieta ^{II}

carlos.larrea@espam.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-9167-2456>

Correspondencia: marco.alcivar@espam.edu.ec

Ciencias Técnicas y Aplicadas

Artículo de Investigación

* **Recibido:** 30 de octubre de 2023 * **Aceptado:** 20 de noviembre de 2023 * **Publicado:** 01 de diciembre de 2023

- I. Docente de la Carrera de Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2.7 vía Calceta-El Morro-El Limón, Manabí, Ecuador.
- II. Carrera de Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2.7 vía Calceta-El Morro-El Limón, Manabí, Ecuador.
- III. Carrera de Medicina Veterinaria, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Campus Politécnico El Limón, km 2.7 vía Calceta-El Morro-El Limón, Manabí, Ecuador.

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad analizar y valorar la producción primaria de semillas de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*), mediante pruebas de digestibilidad y desempeño productivo (ganancia de peso) para alimentación animal, a fin de ser utilizado como suplemento forrajero en zonas secas. Para este fin se implementó un estudio de tipo cuantitativo, descriptivo y cuasi-experimental. Se identificó mediante reconocimiento botánico a la especie *Prosopis chilensis* en una densidad de 117 árboles en 156 hectáreas. El contenido nutricional de la harina desarrollada fue del 12.89% de proteínas; 37.6% de fibra y la presencia de aminoácidos esenciales para la alimentación animal como la prolina (16%); el ácido glutámico (9%); valina (7.7%); leucina (7.1%) y arginina (5.6%). A través de un análisis de digestibilidad se evidenció la existencia de una fracción a (soluble) de 31.86%, fracción potencialmente degradable (b) de 30.56% y una fracción indegradable de 37.58%, determinando una degradabilidad medio alta del 62.42%, hasta las 72 horas de incubación ruminal; adicionalmente, se evidenció una tasa de degradación ruminal (Kd) del 18 % h⁻¹, valor que se correlacionó para obtener la degradabilidad efectiva (De) en relación a la tasa de pasaje ruminal de sólidos (Kp), obteniéndose 61.17% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora⁻¹); 59.30% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora⁻¹) y 57.43% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora⁻¹) degradabilidad adecuada del 62.42%. Se evidenció además que la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) tiene efectos positivos sobre el peso de los animales, en consecuencia, sobre la rentabilidad de las fincas ganaderas.

Palabras Clave: Algarrobo; Digestibilidad; Rentabilidad; Suplemento.

Abstract

The purpose of this study was to analyze and evaluate the primary production of white carob seeds (*Prosopis chilensis*), through digestibility and productive performance tests (weight gain) for animal feed, in order to be used as a forage supplement in dry areas. For this purpose, a quantitative, descriptive and quasi-experimental study was implemented. The species *Prosopis chilensis* was identified through botanical recognition at a density of 117 trees in 156 hectares. The nutritional content of the developed flour was 12.89% protein; 37.6% fiber and the presence of essential amino acids for animal nutrition such as proline (16%); glutamic acid (9%); valine (7.7%); leucine (7.1%) and arginine (5.6%). Through a digestibility analysis, the existence of a fraction a (soluble) of 31.86%, a potentially degradable fraction (b) of 30.56% and an undegradable fraction of 37.58%

was evident, determining a medium-high degradability of 62.42%, up to 72 hours of ruminal incubation; Additionally, a ruminal degradation rate (Kd) of 18% h-1 was evident, a value that was correlated to obtain the effective degradability (De) in relation to the ruminal passage rate of solids (Kp), obtaining 61.17% (degradability effective, passage rate of 2% hour-1); 59.30% (effective degradability, passage rate of 5% hour-1) and 57.43% (effective degradability, passage rate of 2% hour-1) adequate degradability of 62.42%. It was also evident that carob flour (*Prosopis chilensis*) has positive effects on the weight of animals, consequently, on the profitability of livestock farms..

Keywords: Carob tree; Digestibility; Cost effectiveness; Supplement.

Resumo

O objetivo deste estudo foi analisar e avaliar a produção primária de sementes de alfarroba branca (*Prosopis chilensis*), por meio de testes de digestibilidade e desempenho produtivo (ganho de peso) para alimentação animal, para utilização como suplemento forrageiro em áreas secas. Para tanto, foi implementado um estudo quantitativo, descritivo e quase experimental. A espécie *Prosopis chilensis* foi identificada através de reconhecimento botânico numa densidade de 117 árvores em 156 hectares. O conteúdo nutricional da farinha desenvolvida foi de 12,89% de proteína; 37,6% de fibra e presença de aminoácidos essenciais à nutrição animal como a prolina (16%); ácido glutâmico (9%); valina (7,7%); leucina (7,1%) e arginina (5,6%). Através da análise de digestibilidade ficou evidente a existência de uma fração a (solúvel) de 31,86%, uma fração potencialmente degradável (b) de 30,56% e uma fração indegradável de 37,58%, determinando uma degradabilidade média-alta de 62,42%, até 72 horas de incubação ruminal; Além disso, ficou evidente uma taxa de degradação ruminal (Kd) de 18% h-1, valor que foi correlacionado para obter a degradabilidade efetiva (De) em relação à taxa de passagem ruminal de sólidos (Kp), obtendo 61,17% (degradabilidade efetiva, taxa de passagem de 2% hora-1); 59,30% (degradabilidade efetiva, taxa de passagem de 5% hora-1) e 57,43% (degradabilidade efetiva, taxa de passagem de 2% hora-1) degradabilidade adequada de 62,42%. Ficou também evidente que a farinha de alfarroba (*Prosopis chilensis*) tem efeitos positivos no peso dos animais, consequentemente, na rentabilidade das explorações pecuárias.

Palavras-chave: Alfarrobeira; Digestibilidade; Eficácia de custos; Suplemento.

Introducción

Los problemas más significativos en los hatos bovinos se desencadenan de una baja calidad de los insumos empleados para alimentar los animales. La alimentación base del desarrollo y crecimiento en los bovinos, representando el factor más importante desde la cultura empresarial hasta el manejo de conceptos de rentabilidad y eficiencia de los hatos ganaderos. De acuerdo con Portillo et al. (2021) uno de las limitaciones más representativas en la alimentación de los hatos, es la baja calidad nutritiva de los forrajes. Esto se origina a partir de la baja concentración de nitrógeno y reducida producción de estos alimentos en época seca.

La deficiencia alimenticia ocasiona estragos significativos en los hatos del mundo. De acuerdo a datos de Sinchipa *et al.* (2023), en Ecuador la deficiencia nutricional puede afectar inexorablemente a un alto porcentaje de los hatos bovinos, desencadenando pérdidas incalculables en términos productivos y financieros. En Manabí, como consecuencia de la sequía de la temporada 2016, se perdieron por muerte a 317 reses, para el 2017 la cifra se incrementó a 657 reses, sin embargo la cifra por deficiencia de comida cayó en 2018 y 2019 a menos de la mitad (Ministerio de Agricultura, 2020). Estos casos de mortalidad animal, se traducen en pérdidas económicas, en consecuencia, pérdida de competitividad y rentabilidad.

Por su parte Portilla *et al.* (2021), sostienen que la deficiencia de minerales como el calcio, fósforo y magnesio incide sobre la producción láctea, originando otras patologías como la fiebre de la leche, fallos reproductivos, pérdida de peso, entre otras limitaciones importantes, con grave incidencia sobre la rentabilidad del emprendimiento.

Las deficiencias nutritivas se originan casi siempre a partir de las carencia minerales de los forrajes de pastoreo, en consecuencia es fundamental complementar el sistema nutricional con especies que oferten frutos y hojas, complementando el consumo de pasto base que adquieren en sus recorridos dentro de potreros y parcelas. En este contexto, las especies arbóreas de leguminosas son una buena opción, como el caso del algarrobo (*Prosopis spp.*), árboles típicos de zonas de ganadería intensiva, con estaciones climatológicas secas y prolongadas. La producción de vainas típicas, provee de una alternativa alimenticia adicional al animal dentro del potrero, obteniendo una cantidad adicional de nutrientes a su dieta normal, que los mantiene en buenas condiciones corporales mitigando signos de la mala nutrición como pérdida de peso y funcionalidad.

El presente estudio tuvo como principal objetivo analizar y valorar la producción primaria de semillas de algarrobo blanco (*Prosopis chilensis*), mediante pruebas de digestibilidad y desempeño

productivo para alimentación animal, a fin de ser utilizado como suplemento forrajero en zonas secas de la provincia de Manabí, Ecuador.

El estudio responde a la necesidad de contar con materias primas alternativas para el mejoramiento nutricional de los hatos ganaderos. Resulta necesario entonces, enrumbar estudios destinados al establecimiento de nuevas fuentes nutricionales complementarias o suplementarias a la alimentación cotidiana de los hatos bovinos existentes en la provincia.

Materiales y métodos

Datos generales

El presente estudio se desarrolló en el Campus Politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL, ubicado en el sitio El Limón, parroquia Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, Ecuador. La zona de estudio se ubica a 15 msnm, existiendo una temperatura media anual de 26 °C, precipitación media anual de 979,9 mm/año y humedad relativa media del 84,3% y heliofanía anual de 80,6 horas de sol; también se registra un suelo de tipo franco. (Estación meteorológica ESPAM_MFL, 2023).

Recolección y análisis de material botánico

Para la recolección del material biológico fue necesario identificar plenamente cada especie, en virtud de que existen dos especies similares en la zona. Para esto se empleó la traducción técnica de la clave botánica, determinando que los componentes botánicos diferenciales entre especies se encuentran en el tercio superior de los árboles. Fue pertinente la recolección de material botánico proveniente de ramas, hojas, yemas apicales, flores y frutos (vainas) de las especies observadas. Uno de los requisitos para la extracción del material botánico, es muestrear árboles con tamaño, biomasa y fuste similar, con la finalidad de elegir especímenes de similar edad. Se debieron cumplir especificidades recomendadas por Poole *et al.* (2007). Para efectos de comparaciones morfológicas, con fundamento en la clave botánica mencionada, se procedió a un análisis comparativo entre los materiales botánicos extraídos y rotulados. Para este fin, se precisó de una revisión detallada de los materiales en función de la detección de las diferencias morfológicas.

Análisis agronómico

Entre las especificaciones para el muestreo en el análisis agronómico, se consideraron 90 árboles de la especie identificada: *Prosopis chilensis*. Para efectos de relaciones y progresiones se muestreó la totalidad del sistema silvopastoril de la ESPAM MFL (44 ha) y un kilómetro a la redonda,

determinando una totalidad de 156 ha, registrando una población universo de 117 árboles. Para efectos de eficiencia, fue necesario efectuar un cálculo de muestreo para el que se utilizó la fórmula universal para poblaciones finitas (inferiores a 100 mil individuos), estimando un tamaño de muestra de 90 observaciones, es decir, 90 árboles a muestrear. La selección de los árboles se efectuó a través de una aleatorización de los individuos etiquetando cada árbol y procediendo a un sorteo para señalar aquellos a muestrear. La distribución espacial del muestreo se efectuó de acuerdo al siguiente esquema de campo:

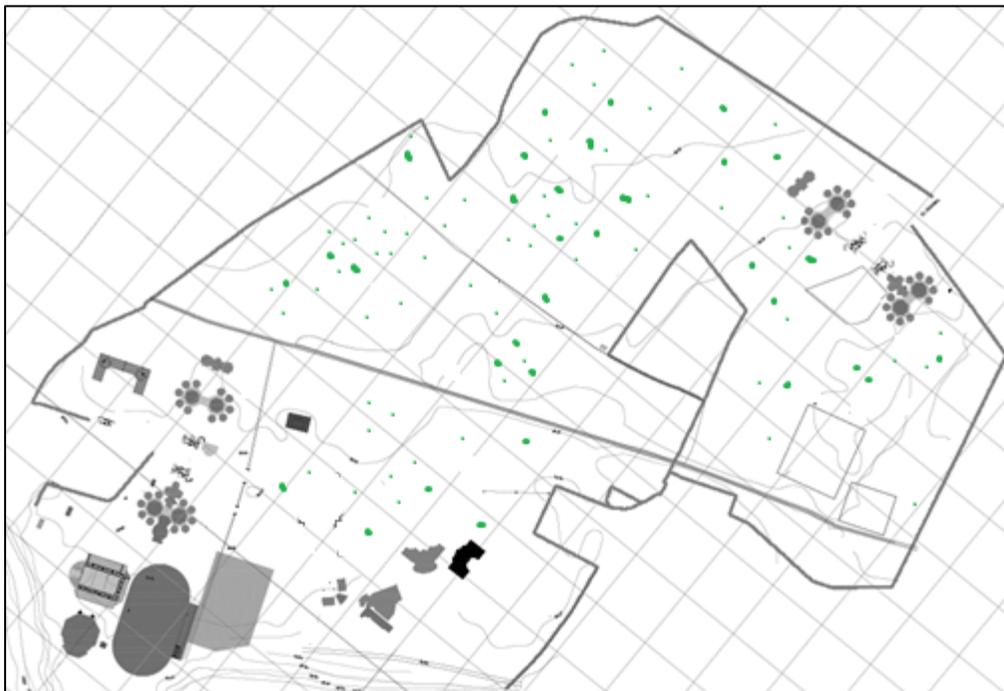


Figura 1. Mapeo del muestreo.

Fuente: Estudio de campo

Altura de Planta

Para determinar la altura de los árboles fue necesario emplear el método del ángulo recto (FAO, 2009), que comprende en utilizar un teodolito con jalones. Las distancias utilizadas de acuerdo al método fueron de 15, 20 y 30 metros en relación al árbol y la ubicación del operario. Se procedió al cálculo de la altura a través del cálculo de apertura de ángulos y determinación de longitud de los lados a través del cálculo geométrico clásico; la información se registró en metros.

Diámetro a la Altura del Pecho

Para determinar el diámetro de los árboles, se utilizó la medida diámetro a la altura del pecho (DAP). Es una medida estándar estadounidense, utilizada a nivel internacional para la estimación

del diámetro en estudios científicos, que se registra midiendo la circunferencia del árbol a los 1.37 metros de altura (4.5 pies) (Prodan, 1997); Los resultados se expresaron en metros.

Longitud de fruto

Para el cumplimiento de la variable longitud de frutos, se extrajeron todas las vainas de los especímenes muestreados. Se procedió a su almacenaje en fundas plásticas rotuladas, siendo trasladados al laboratorio para su medición. Para este fin se utilizó una cinta métrica y se procedió a la tabulación expresando los resultados en centímetros.

Biomasa Aérea

Para la determinación de la biomasa de los árboles se utilizó el método directo establecido por Schlegel (2001), que consistió en obtener las muestras de biomasa aérea, secado y pesado. Para este fin se procedió a la extracción de hojas de los especímenes muestra, disponiéndolos en sacos de yute rotulados, siendo trasladados a un galpón cubierto para su pesaje y tabulación. Los resultados se expresaron en kilogramos por árbol.

Análisis Bromatológico

La evaluación del contenido nutricional comprendió un análisis bromatológico, análisis proximal completo referido específicamente. La muestra se extrajo a partir de los frutos (vainas), que fueron dispuestos al laboratorio de frutas de la ESPAM MFL para su procesamiento en forma de harina de algarrobo y su posterior traslado al laboratorio bromatológico de Nutrición y Calidad del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. El análisis comprendió la determinación de las siguientes variables: Porcentaje de Humedad, Cenizas, Extracto Etéreo (grasa), Proteína (Nitrógeno total), fibra y Elementos no Nitrogenados. Adicionalmente se realizó un aminograma para determinar lisina, metionina, treonina, triptófano, arginina.

Análisis de Digestibilidad

Para la determinación de la curva de digestibilidad se utilizó la técnica de bolsas de Nylon expuesta por Allen *et al.* (2004). Para este fin se emplearon bovinos previamente fistulados en los que se midió la digestibilidad en diferentes periodos de tiempo (3, 6, 12, 24, 48 y 72 horas). Se pesó 10 g de cada muestra molida a 2 mm de tamaño de partícula (hoja, vaina y semilla) y sometidas a 60 °C por 24 horas y se colocó en las fundas nylon, para posteriormente incubar las fundas debidamente selladas y sujetadas al rumen. Una vez concluido el tiempo de incubación se retiró las fundas del rumen y se lavaron minuciosamente con agua fría hasta que el agua este clara, luego fueron secadas a 60 °C por 48 horas y finalmente se pesaron. La pérdida de materia seca (MS) se estimó por el

cambio en peso de la muestra en las fundas antes y después de la incubación ruminal de acuerdo con la metodología de Orskov y McDonald(1979), como se describe en la ecuación de Allen *et al.* (2004).

$$\text{Digestibilidad (D)} = \frac{\text{Cantidad inicial muestra} - \text{Residuo muestra posterior incubación}}{\text{Cantidad inicial muestra}} \times 100$$

Desempeño productivo

Para determinar la dinámica de desempeño productivo de los animales sometidos al consumo de harina de *Prosopis chilensis*, fue necesario evaluar la variable ganancia media diaria (GMD). Para este fin se efectuaron pesajes semanales antes de iniciar el suministro de alimentos (6 am). Para el pesaje, se empleó una báscula de 1000 kg de capacidad y 100 g de intervalo de precisión. Para la selección de los especímenes a evaluar los ocho especímenes sometidos al tratamiento fueron distribuidos en dos grupos simétricos. En cada grupo se estandarizó el peso de los animales, equilibrando los registros de manera equitativa para cada uno de los dos grupos. Los toretes provienen del mismo pie de raza (mestizo) y se ubican dentro del mismo rango de pesos (300 kg aproximadamente) y edades (16 meses). Ambos grupos fueron sometidos a la dieta general a base de 35 kilogramos pasto de corte (King Grass), más 200 ml de melaza diarios. El grupo con el tratamiento deseado, recibió la misma dieta con la inclusión de 100 g diarios de harina de *Prosopis chilensis* como suplemento alimenticio. Para efectos de análisis estadísticos se implementaron técnicas de estadística descriptiva para los valores reportados en las diferentes variables.

Resultados

Caracterización botánica

Se efectuó la identificación taxonómica de los especímenes a través de un análisis botánico, empleando claves taxonómicas descritas por Burkart (1976), sobre *Prosopis chilensis* por su mayor presencia en el área de estudio. El árbol promedió con 8-15 m de altura y en función a la edad de cada uno, el tronco promedia 1 m de diámetro. Se observan ramas caídas, casi formando un ángulo 35 grados en promedio (A), de hojas grandes, glabras (sin tricomas, pelos o vellosidades), pares alineados de foliolos (incluyendo el raquis), pecioladas con terminaciones agudas y obtusas (B), con 0.5-8.5 cm de longitud; el pinnae presenta 6-14 cm de largo (C), espinas escasas y pequeñas, sólo en brotes fuertes y de 2-4 cm de largo (D) (ver figura 2). La altura de árbol fue determinada a

partir de una muestra de 90 especímenes. La altura promedio fue de 10.54 metros, se registró un diámetro a la altura de pecho de 0.93 metros y una del fruto promedio de 10.36 centímetros.

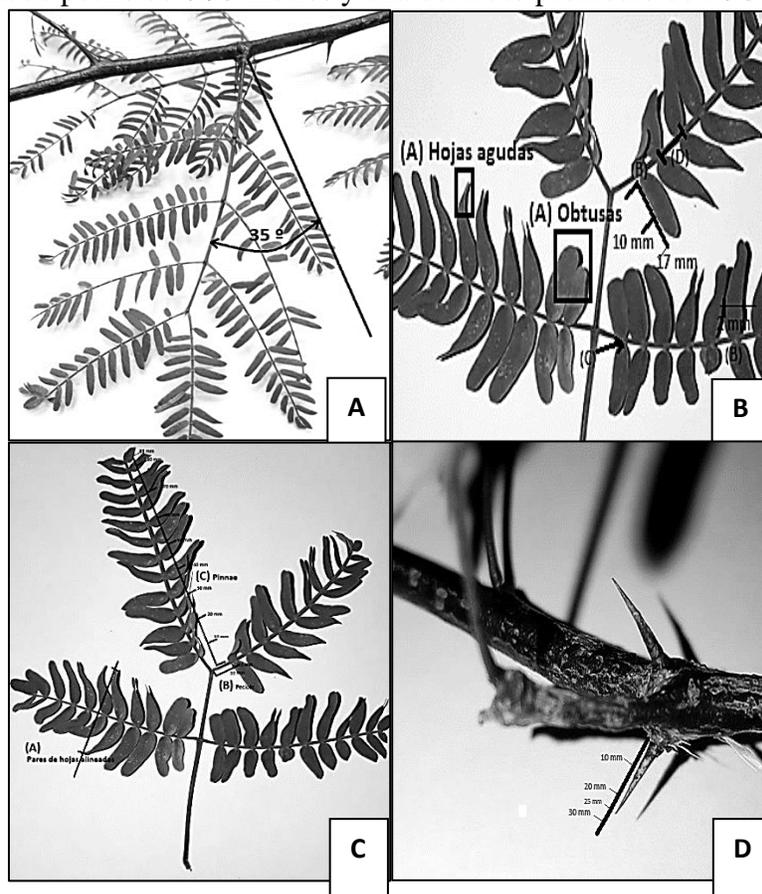


Figura 2. (A) detalle de ramas; (B) morfología de hojas; (C) dimensión del pinnae y distanciamiento entre hojas; (D) espinas con longitud de 25 a 30 mm.

Análisis nutricional

El porcentaje de humedad determinado fue del 5.91 %; el porcentaje de cenizas fue del 4.49 %. El examen proximal detectó el 1.01 % de grasas y el 12.89 % de proteínas. La harina de algarrobo se caracterizó por un 37.6 % de fibra y un porcentaje de elementos no nitrogenados del 44 %. (ver figura 3).

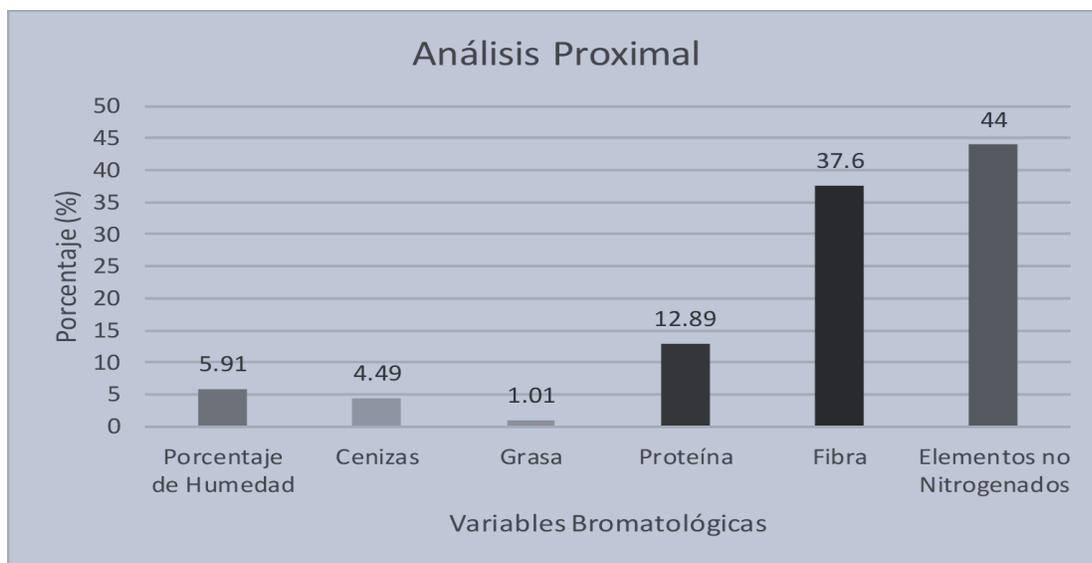


Figura 3. Resultados del análisis proximal

Según el cuadro 1 los aminoácidos con mayor concentración en la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) son prolina (16 %); ácido glutámico (9%); prolina (16%); valina (7 %); leucina (7.17%) y arginina (5.6%). Se encontró a la serina con el 3.82%, glicina 3.37% y lisina con el 3.23%.

Cuadro 1. Análisis de aminoácidos de la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*)

Parámetro	Contenido (% en CP)
Prolina	16.404
Ácido glutámico	9.022
Valina	7.713
Leucina	7.175
Arginina	5.668
Serina	3.821
Glicina	3.336
Treonina	3.435
Lisina	3.229
Isoleucina	2.924
Fenilalanina	2.861
Metionina + Cistina	1.928
Histidina	1.812

NH3	1.614
Cistina	1.103
Triptófano	0.969
Metionina	0.825

Fuente: Evonik Nutrition y Care GmbH (2018)

Análisis de digestibilidad ruminal

En la tabla 5 se destacan resultados para el análisis de la digestibilidad in situ de la harina de algarrobo. Se determinó una fracción a (soluble) de 31.86 %; fracción potencialmente degradable (b) de 30.56 % y una fracción indegradable de 37.58 %. Estos resultados determinan que la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) tiene una degradabilidad medio alta (62.42 %) hasta las 72 horas de incubación ruminal.

Cuadro 2. Valores de digestibilidad in situ de la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*)

Tiempo/horas	Detalle de muestra	Muestra 1	Muestra 2	Promedio
0	Harina de algarrobo	31.18	34.74	32.96
3	Harina de algarrobo	46.80	45.69	46.25
6	Harina de algarrobo	54.80	52.47	53.64
12	Harina de algarrobo	60.99	59.26	60.12
24	Harina de algarrobo	63.04	62.85	62.95
48	Harina de algarrobo	63.19	63.46	63.32
72	Harina de algarrobo	63.19	63.47	63.33

Fuente: (Evonik Nutrition & Care GmbH, 2018)

Análisis de la digestibilidad in situ

La fracción a (soluble) de 31.86 % obtenida por *Prosopis chilensis* según el análisis de degradabilidad ruminal, representa un estándar apropiado para una materia prima con fines nutricionales en la producción bovina. La fracción potencialmente degradable (b) de 30.56 % se efectiviza durante las primeras 24 horas.

Adicionalmente, se evidenció una tasa de degradación ruminal (Kd) del 18 % h-1. Este valor se correlacionó para obtener la degradabilidad efectiva (De) en relación a la tasa de pasaje ruminal de

sólidos (Kp), obteniéndose 61.17 % (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1); 59.30 % (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora-1) y 57.43 % (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1).

La sincronía es muy importante, lo ideal es que los componentes de la dieta sean homogéneos. Proteína de rápida degradabilidad con energía de rápida degradabilidad; proteína de intermedia degradabilidad con energía de intermedia degradabilidad y proteína de lenta degradabilidad con energía de lenta degradabilidad (carbohidratos), todos en una misma dieta (Avellaneda, 2018). Estos datos evidencian que la harina a base de semillas de *Prosopis chilensis* tiene una degradabilidad media alta y características nutricionales adecuadas.

Cuadro 3. Degradabilidad in situ

Variable (Horas de incubación)	Valor, %		
Repetición (Animal fistulado):	1	2	Promedio
0	30.19	33.54	31.86
3	45.38	44.25	44.81
6	53.37	51.01	52.19
12	59.77	57.99	58.88
24	62.03	61.89	61.96
48	62.22	62.60	62.41
72	62.22	62.62	62.42
Variables de potencial de degradación			
a (fracción soluble)	30.19	33.54	31.86
b (fracción insoluble pero potencialmente degradable)	32.03	29.09	30.56
a+b (muestra degradable)	62.22	62.62	62.42
c (fracción indegradable)	37.78	37.38	37.58
Kd (tasa de degradación % hora)	0.214	0.15	0.18
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora⁻¹			
1	60.98	61.37	61.17
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora⁻¹			
1	59.11	59.49	59.30

Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 8% hora

1	57.24	57.61	57.43
---	-------	-------	-------

Evolución de la degradabilidad ruminal in situ

En la figura 4 se expresan resultados para la curva de digestibilidad in situ de la harina de *Prosopis chilensis*. La dinámica de la curva determinó un 44.81% de degradabilidad a las tres horas; 52.19% de degradabilidad a las seis horas; 58.88 % de degradabilidad a las 12 horas; 61.96% de degradabilidad a las 24 horas; 62.41% de degradabilidad a las 48 horas y 62.42% de degradabilidad a las 72 horas.

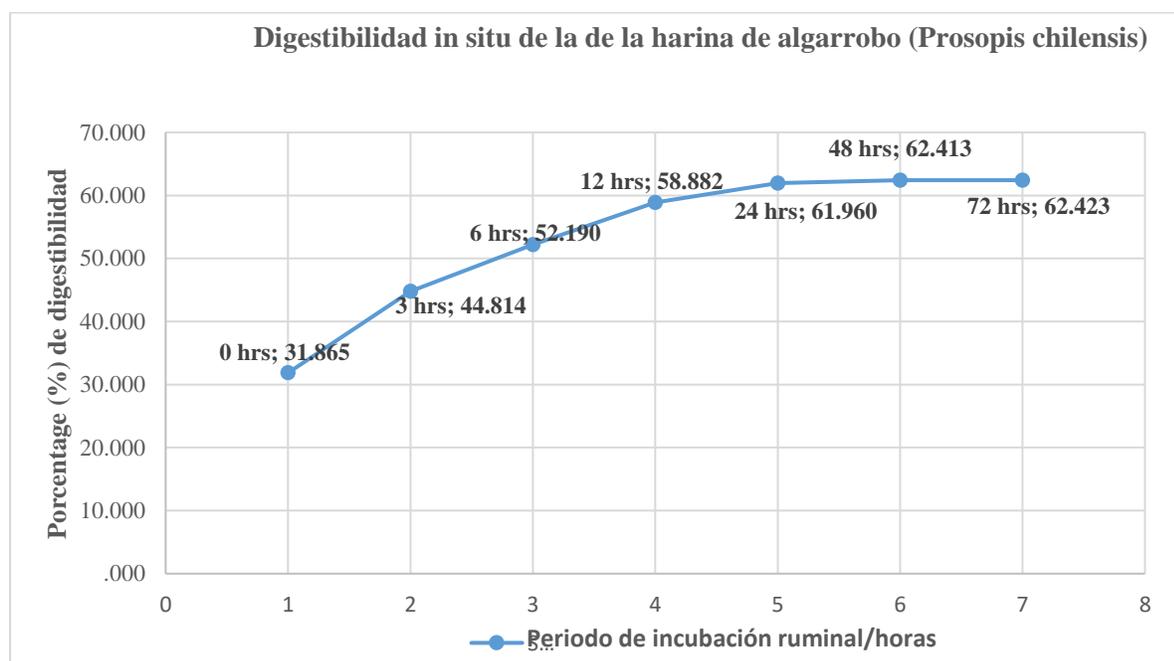


Figura 4. Curva de digestibilidad in situ de la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*)

Desempeño productivo de bovinos

En el cuadro 4 se expresan resultados para la variable ganancia media diaria (GMD). Según los datos obtenidos de la prueba de t para ambos tratamientos, se pudo determinar que no existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos estudiados para la primera semana de aplicación del tratamiento, con un p-valor de 0.0638. Para la segunda semana se determinaron diferencias significativas con un p-valor de 0.0043. En tanto que los datos extraídos para la tercera,

cuarta, quinta, sexta, séptima y octava semana determinaron diferencias altamente significativas con p-valor de 0.0001.

Estos datos indican que el tratamiento con harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) como suplemento alimenticio en la crianza de bovinos, tienen efectos positivos sobre el peso de los animales, por ende, representan una buena fuente forrajera influenciada por el valor nutricional y su disponibilidad en zonas tropicales de baja precipitación.

Cuadro 4. *Ganancia media diaria (GMD)*

Variables	Bilateral
Semana 1	0,0638 NS
Semana 2	0,0043 *
Semana 3	<0,0001 **
Semana 4	<0,0001 **
Semana 5	<0,0001 **
Semana 6	<0,0001 **
Semana 7	<0,0001 **
Semana 8	<0,0001 **

Discusión

Caracterización botánica

Los resultados expuestos en la caracterización del presente estudio, son similares a los evidenciados por Joseau *et al.* (2013), quienes demostraron la existencia de troncos con promedio de un metro de diámetro, ramas con ángulos de 30-40 grados. La característica de hojas grandes, sin vellosidades y distribuidas en pares y de manera paralela, también fue demostrada para *Prosopis chilensis* en el estudio de Anderson y Weiping (1989).

Análisis nutricional

El porcentaje de proteína cruda evidenciada en la harina de *Prosopis chilensis* demostró estar por sobre el rango mínimo establecido por la National Research Council como nivel crítico aceptable de proteína cruda (6%) para vacunos en mantenimiento (National Research Council, 1981). Además, los resultados para porcentaje de proteína cruda generados por *Prosopis chilensis* superaron a los evidenciados en el Heno (6,85) (Caraballo, *et al.*, 2006); *Caesalpinia coriaria* (4,09%) y *Caesalpinia granadillo* (4,36%) (Cecconello, Benezra, & Obispo, 2003).

Adicionalmente, los resultados fueron similares a los de la harina de yuca (13%) (Ferraro, et al., 2016); pero inferiores a los de la harina de maíz (15,28); trigo (17,21) (Caraballo et al., 2006).

Análisis de digestibilidad ruminal

En relación con los resultados de la digestibilidad ruminal, los resultados extraídos confirman los de Pizzani et al. (2006) que en su estudio composición fitoquímica y nutricional de algunos frutos de árboles de interés forrajero de los llanos centrales de Venezuela, encontraron registros muy satisfactorios. En la mayoría de los casos valores de degradabilidad superiores al 50%. La especie *Enterolobium cyclocarpum* y *Prosopis chilensis* presentaron el mayor índice de degradabilidad total (90%), lo cual es indicativo de su elevado potencial de utilización. Por otra parte, el menor valor de degradabilidad lo registró *Acacia glomerosa* (45%).

Análisis de la digestibilidad *in situ*

Los resultados evidenciados determinan un nivel de degradabilidad medio alto, en coincidencia con los resultados obtenidos por Lentz y Langhoff (2018), quienes establecieron que el sorgo normalmente mejora la respuesta animal debido, entre otros factores, a una mejor utilización de su almidón. A su vez, la utilización del almidón depende de su digestibilidad y de la matriz proteica del endosperma córneo y periférico y, en algunas variedades, de la presencia de taninos condensados”.

Conclusiones

- La especie *Prosopis chilensis* se encuentra en una densidad de 117 árboles a lo largo de las 156 hectáreas evaluadas. Se hallaron especímenes desde 1.5 metros hasta los 25 metros de altura que sirven en la actualidad como material forrajero en potreros de la zona, siendo utilizado como amparo de sombra por el ganado existente en las diferentes unidades productivas.
- El contenido nutricional de *Prosopis chilensis* fue del 12.89% de proteínas; 37.6% de fibra, 1.01% de grasas y 44% de elementos no nitrogenados. Los aminoácidos con mayor concentración evidenciados en la composición de la harina son la prolina (16%); el ácido glutámico (9%); valina (7.7%); leucina (7.1%) y arginina (5.6%). El contenido nutricional de la harina y la presencia de aminoácidos esenciales para la alimentación animal, convierte al sustrato estudiado en una excelente alternativa alimenticia como suplemento nutritivo en la dieta bovina.

- A través del análisis de digestibilidad se determinó una fracción a (soluble) de 31.86%; fracción potencialmente degradable (b) de 30.56% y una fracción indegradable de 37.58%. Estos resultados determinan que la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) tiene una degradabilidad medio alta del 62.42%, hasta las 72 horas de incubación ruminal. Adicionalmente, se evidenció una tasa de degradación ruminal (Kd) del 18 % h-1. Este valor se correlacionó para obtener la degradabilidad efectiva (De) en relación a la tasa de pasaje ruminal de sólidos (Kp), obteniéndose 61.17% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1); 59.30% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora-1) y 57.43% (degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 2% hora-1). Estos datos evidencian que la harina a base de semillas de *Prosopis chilensis* tiene características nutricionales sobresalientes debido a su contenido proteico (12.89%) y degradabilidad adecuada del 62.42%.
- Los datos evaluados indican que el tratamiento con harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) como suplemento alimenticio en la crianza de bovinos, tiene efectos positivos sobre el peso de los animales. En conclusión, la harina es una buena fuente forrajera para la crianza de bovinos, influenciada por el valor nutricional y su disponibilidad en zonas tropicales de baja precipitación.

Referencias

- Allen, J., Prieto, P., Reyes, J., & Ly, J. (2004). Técnica quirúrgica para la implantación de una cánula simple en el duodeno de los cerdos. *Revista Computadorizada de Producción Porcina*, 1(75-84), 11.
- Allen, M. (1997). *Journal of Dairy Science*. *Journal of Dairy Science*(80), 1447-1462.
- Anderson, M., & Weiping, W. (1989). The characterization of proteinaceous *Prosopis* (mesquite) gums which are not permitted food additives. *Food Hydrocolloids*, 3(3), 235-242. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(89\)80008-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(89)80008-6)
- Avellaneda, J. (12 de marzo de 2018). Degradabilidad del algarrobo (*Prosopis chilensis*). (M. Alcívar, & A. Flores de Valgas, Entrevistadores)
- Burkart, A. (1976). A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). *Harvard University Herbaria*, 57 (4) 450-525.
- Caraballo, A., de Acurero, M., Florio, J., Fuenmayor, A., Pirela, M., & González, I. (2006). Suplementación de Mautas Mestizas de Cría con Heno de Guinea (*Panicum maximum*,

- Jacq.) y una Mezcla Alimenticia de Yacija, Harina de Maíz, Afrechillo de trigo y Sales Minerales. *Revista Científica*, 16(3), 257-263. Recuperado en 25 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592006000300007&lng=es&tlng=es.
- Carrasco, F. (2013). *Administración de proyectos agropecuarios*. Quito: ESPE.
- Cecconello, G., Benezra, M., & Obispo, N. (2003). Composición química y degradabilidad ruminal de los frutos de algunas especies forrajeras leñosas de un bosque seco tropical. *Zootecnia Tropical*, 21(2), 149-165. Recuperado en 25 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-72692003000200004&lng=es&tlng=es.
- Chavira, J., Gutiérrez, J., García, R., López, R., & Duarte, A. (2011). Digestibilidad in situ de la materia seca de tres dietas para ovinos de engorde. *Agronomía Mesoamericana*, 22(2), 379-385.
- Estación meteorológica ESPAM_MFL. (2023). *Informe meteorológica año 2022*. ESPAM_MFL.
- Evonik Nutrition & Care GmbH. (2018). *Análisis nutricional de muestra de albarrobo*. Essen: Evonik Nutrition & Care GmbH.
- FAO. (2009). *Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales. Manual para la recolección integrada de datos de campo*. Roma. Pp. 168-175.: FAO.
- GAD cantonal de Bolívar. (2018). *Plan de Desarrollo Territorial del cantón Bolívar*. Calceta: GAD Bolívar.
- Joseau, M., Verga, A., Díaz, M., & Julio, N. (2013). Morphological diversity of populations of the genus *Prosopis* in the Semi-arid Chaco of Northern Córdoba and Southern Santiago Del Estero. *American Journal of Plant Sciences*, 4(11), 2092. <https://doi.org/doi.org/10.4236/ajps.2013.411261>
- Lentz, C., & Langhoff, F. (2018). Degradabilidad ruminal de granos de sorgo de diferentes genotipos y tamaños de molienda. *Semiárida*, 26(1).
- Ministerio de Agricultura. (2020). *Informe de Gestión ministerial*. MAG.
- National Research Council. (1981). *Nutrient Requirements of Beef Cattle. Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington D.C.: National Academy Press.

- Ørskov, E., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0021859600063048>
- Pizzani, P., Matute, I., Martino, G., Arias, A., Godoy, S., Pereira, L., Palma, J., & Rengifo, M. (2006). Composición Fitoquímica y Nutricional de Algunos Frutos de Árboles de Interés Forrajero de Los Llanos Centrales de Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 47(2), 105-113. Recuperado en 25 de mayo de 2018, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-65762006000200005&lng=es&tlng=pt.
- Poole, J., Carr, W., Price, D., & Singhurst, J. (2007). *Rare Plants of Texas*. Texas A&M University Press, 347-349.
- Portilla, E., Reyes, B., Cardona, J., & Monter, D. (2021). Relación calcio, fosforo, magnesio y selenio sobre la reproducción en vacas lecheras durante el periodo de transición. *Revista colombiana de ciencia animal recia*, 13(2), 7. <https://doi.org/https://doi.org/10.24188/recia.v13.n2.2021.889>
- Portillo, P., Meneses, D., Lagos, E., Duter, M., & Castro, E. (2021). Valor nutritivo de mezclas forrajeras en épocas seca y de lluvias en Nariño, Colombia. *Agronomía Mesoamericana*, 32(2), 556-572. <https://doi.org/10.15517/am.v32i2.43207>
- Prodan, M. (1997). *Mesura Forestal*. San José. Pp 35-38: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)- Deutsche Gesellschaft fur Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. .
- Schlegel, B. (2001). Estimación de la biomasa y carbono en bosques del tipo forestal Siempreverde. *Revista Científica de la Universidad Austral de Chile*, Pp 2-5.
- Sinchipa, O., Cárdenas, F., & Paspuel, F. (2023). Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda–Bolívar-Ecuador. *Tesla Revista Científica*, 3(2), e192-e192. <https://doi.org/10.55204/trc.v3i2.e192>