



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN INNOVACIÓN Y
TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍAS**

CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE MAGISTER EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL**

**TEMA: VALORACIÓN PRODUCTIVA Y USO DEL ALGARROBO COMO
SUPLEMENTO FORRAJERO EN LA PROVINCIA DE MANABÍ**

AUTORES:

FLORES DE VALGAS RODRÍGUEZ, ANA MARÍA

ALCÍVAR MARTÍNEZ, MARCO ANTONIO

DIRECTOR: ING. ORTIZ MANZANO, MARIO LEONARDO

SANGOLQUÍ – ECUADOR 2018

CERTIFICADO DEL DIRECTOR



DEPARTAMENTO DE POSGRADO
PROGRAMA MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de titulación, "*VALORACIÓN PRODUCTIVA Y USO DEL ALGARROBO COMO SUPLEMENTO FORRAJERO EN LA PROVINCIA DE MANABÍ*" fue realizado por los señores *Flores de Valgas Rodríguez Ana María y Alcívar Martínez Marco Antonio*, el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Sangolquí, 20 de Mayo de 2018

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'MARIO ORTIZ MANZANO', is written over a horizontal line.

MARIO ORTIZ MANZANO
C.C. 060206543-5

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD



DEPARTAMENTO DE POSGRADO
PROGRAMA MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Nosotros *Flores de Valgas Rodríguez Ana María y Alcívar Martínez Marco Antonio*, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: "*Valoración productiva y uso del algarrobo como suplemento forrajero en la provincia de Manabí*" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas. Consecuentemente el contenido de la investigación mencionada es veraz.

Sangolquí, 22 de Mayo de 2018



Ana María Flores de Valgas Rodríguez
C.C.: 1311120875



Marco Antonio Alcívar Martínez
C.C.: 1310473770

AUTORIZACIÓN



DEPARTAMENTO DE POSGRADO
PROGRAMA MAESTRÍA EN PRODUCCIÓN Y NUTRICIÓN ANIMAL

AUTORIZACIÓN

Nosotros *Flores de Valgas Rodríguez Ana María y Alcívar Martínez Marco Antonio*, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: “*Valoración productiva y uso del algarrobo como suplemento forrajero en la provincia de Manabí*” en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Sangolquí, 22 de Mayo de 2018

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Ana María Flores de Valgas Rodríguez.

Ana María Flores de Valgas Rodríguez
C.C.: 1311120875

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la de Marco Antonio Alcívar Martínez.

Marco Antonio Alcívar Martínez
C.C.: 1310473770

DEDICATORIA

A Dios.

Por habernos permitido llegar hasta este punto y habernos dado salud para lograr nuestros objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A nuestros padres

Por habernos apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien, pero más que nada, por su amor.

M.V. Marco Antonio Alcívar Martínez

M.V. Ana María Flores de Valgas

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a su equipo técnico y administrativo de la Maestría en Producción y Nutrición Animal, en especial a los Ingenieros Mario Ortiz y Julio Pazmiño, director de tesis en esta investigación, por su acompañamiento e incansable ayuda y por tan ardua labor en beneficio de los futuros técnicos de cuarto nivel.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICADO DEL DIRECTOR.....	i
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	ii
AUTORIZACIÓN.....	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPITULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN.....	3
OBJETIVOS.....	5
Objetivo General.....	5
Objetivos Específicos.....	5
HIPÓTESIS.....	5
CAPITULO II.....	6
REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
Características del algarrobo (Prosopis chilensis)	6
Especies de algarrobo (Prosopis spp.) en Manabí.....	8
Bioecosistema del algarrobo (Prosopis spp.) en Manabí	11
Composición nutricional del algarrobo.....	12

Distribución geográfica	14
Estudios en alimentación animal (rumiantes)	14
El cultivo del algarrobo como una alternativa de alimentación animal	15
Producción bovina de Manabí	17
CAPITULO III	20
MATERIALES Y MÉTODOS	20
Ubicación del lugar de investigación	20
Ubicación Ecológica.	20
Materiales	21
Materiales y Equipos.	21
Metodología.	21
Análisis estadístico.	21
Muestreo botánico.	21
Diagnóstico.	21
Recolección de material botánico	22
Análisis del material botánico.	22
Análisis agronómico.	22
Diámetro a la Altura del Pecho	24
Análisis Bromatológico	25
Análisis Proximal	26
Análisis de Digestibilidad	26
Desempeño productivo.	27
Tratamiento y diseño experimental.	28
Estadística Descriptiva.	28
CAPITULO IV	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
Identificación de los especímenes encontrados	29
Análisis Agronómico	32
Análisis nutricional del algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i>)	34
Análisis de aminoácidos	35
Análisis de digestibilidad ruminal de la harina de algarrobo	36
Análisis de la digestibilidad in-situ de la harina de algarrobo	36

Degradabilidad ruminal in situ de la harina de Prosopis chilensis.	37
Desempeño productivo de bovinos.....	39
Análisis económico	40
CONCLUSIONES	42
RECOMENDACIONES	44
BIBLIOGRAFÍA	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Composición química de los frutos y partes vegetativas del algarrobo</i>	12
Tabla 2 <i>Provincias de la costa y principales cantones ganaderos</i>	19
Tabla 3 <i>Análisis de aminoácidos de la harina de algarrobo (Prosopis chilensis)</i>	35
Tabla 4 <i>Valores de digestibilidad in situ de la harina de algarrobo (Prosopis chilensis)</i>	36
Tabla 5 <i>Degradabilidad in situ de la harina de algarrobo (Prosopis chilensis)</i>	36
Tabla 6 <i>Ganancia media diaria (GMD)</i>	40
Tabla 7 <i>Costos variables por fabricación de harina de algarrobo</i>	41
Tabla 8 <i>Análisis de sensibilidad</i>	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama Ombrotérmico del cantón Bolívar 2016.....	1
Figura 2. A. Característica etnobotánica. Flor de <i>Prosopis chilensis</i> ; B. Característica etnobotánica. Fruto del algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i>).	7
Figura 3. <i>Prosopis chilensis</i> . Burghardt	9
Figura 4. <i>Prosopis pallida</i>	10
Figura 5. <i>Prosopis affinis</i>	11
Figura 6. Clasificación preliminar de los diferentes tipos de bosques del Ecuador.....	14
Figura 7. Hectáreas de pastos totales en la costa 2000 – 2013.....	18
Figura 8. Ubicación geográfica del cantón Bolívar.....	20
Figura 9. Mapeo del muestreo.....	24
Figura 10. Detalle botánico ramas tipo caídas. Ángulo de 35 ^a	29
Figura 11. Detalle botánico Hojas: Foliolos (A); Pecíolo (B); Pinnae (C).	30
Figura 12. Detalle botánico Hojas: Formas (A); Longitud y amplitud (B); Forma de base (C); distancia entre foliolos (D).	31
Figura 13. Detalle botánico, espinas con 2.5 cm de largo, tipo caídas y en yema axilar	31
Figura 14. Promedio en metros para la variable Altura de Árbol	32
Figura 15. Promedio en centímetros para la variable Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)	33
Figura 16. Promedio en centímetros para la variable Longitud del Fruto	33
Figura 17. Resultados del análisis proximal	34
Figura 18. Curva de digestibilidad in situ de la harina de algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i>)	39

RESUMEN

El presente estudio se desarrolló en el Campus Politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL, ubicado en el cantón Bolívar, de la provincia de Manabí. 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 cualitativo, descriptivo y 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. A través de un análisis de digestibilidad se evidenció 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 %. Se evidenció además que la harina tiene efectos positivos sobre el peso de los animales, en consecuencia, sobre la rentabilidad de las fincas ganaderas. El análisis económico demostró que el tratamiento con harina de algarrobo como suplemento alimenticio obtuvo el mejor valor económico con 269.07 USD/animal. El análisis de sensibilidad determinó que, por cada dólar invertido en la crianza de un animal con harina de algarrobo como suplemento alimenticio, se obtendrán 87 centavos como utilidad neta. En estos términos la rentabilidad es del 87 %.

PALABRAS CLAVES:

- **ALGARROBO**
- **DIGESTIBILIDAD**
- **RENTABILIDAD**
- **SUPLEMENTO**

ABSTRACT

The present study was developed in the Polytechnic Campus of the Agricultural Polytechnic Superior School of Manabí MFL, located in the canton Bolívar, of the province of Manabí. Its purpose was to analyze and evaluate the primary production of seeds of white carob (*Prosopis chilensis*), through digestibility tests and productive performance (weight gain) for animal feed, in order to be used as a forage supplement in dry areas. For this purpose, a qualitative, descriptive and experimental study was implemented. The species *Prosopis chilensis* was identified by botanical recognition in a density of 117 trees on 156 hectares. The nutritional content of the developed flour was 12.89% of proteins; 37.6% fiber and the presence of essential amino acids for animal feed. Through a digestibility analysis it was evidenced that the flour based on seeds of *Prosopis chilensis* has outstanding nutritional characteristics due to its protein content (12.89%) and adequate degradability of 62.42%. It was also shown that the flour has positive effects on the weight of the animals, consequently, on the profitability of the cattle farms. The economic analysis showed that the treatment with carob flour as a food supplement obtained the best economic value with 269.07 USD / animal. The sensitivity analysis determined that, for every dollar invested in raising an animal with carob flour as a food supplement, 87 cents will be obtained as a net profit. In these terms, profitability is 87%.

KEY WORDS:

- **CAROB,**
- **DIGESTIBILITY**
- **PROFITABILITY**
- **SUPPLEMENT**

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La ubicación geográfica de la provincia de Manabí refleja algunas de sus condiciones ambientales. Su georreferenciación define una región de bosque seco, entre 0 y 500 msnm, con un periodo de lluvias corto (enero – abril) y precipitaciones promedio anuales de 1346 mm³.

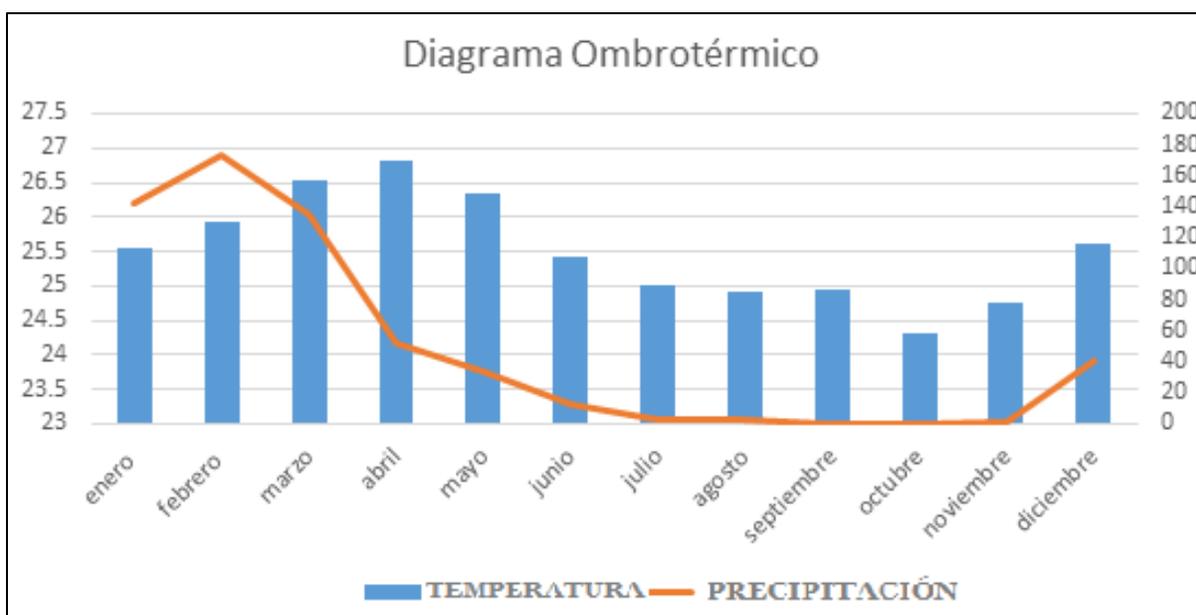


Figura 1. Diagrama Ombrotérmico del cantón Bolívar 2016.

Fuente: (Estación Meteorológica ESPAM, 2016)

Por la situación geo climatológica, se propician dos estaciones radicalmente diferenciadas. La época lluviosa se extiende unos pocos meses, dando paso a la sequía prolongada que alcanza hasta los nueve meses anuales. Esto ocasiona que, en verano, la provisión de forraje sea limitado para más de un millón de reses que aproximadamente se explotan en Manabí. En la práctica, los hatos bovinos sobreviven amplias etapas de alimentación deficiente, convirtiéndose en una de las principales limitantes para el sector ganadero.

La calidad de alimentación, genera una nutrición significativa para los procesos vitales y secundarios en los seres vivos. La alimentación base del desarrollo y crecimiento en los bovinos y representa el factor más importante desde la cultura empresarial hasta el manejo de conceptos de rentabilidad y eficiencia de los hatos ganaderos. Según (Cárdenas, 2003), uno de los problemas de la alimentación de los rumiantes, 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. La región de Santa Cruz de Bolivia, sufrió en la misma estación, la afectación de casi medio millón de reses de ganado, matando a más de un millar. En Manabí, como consecuencia de la sequía de la temporada 2016, se perdieron por muerte a 317 reses. Estos casos de mortalidad animal, se traducen en pérdidas económicas, en consecuencia, pérdida de competitividad y rentabilidad.

Los forrajes de pastoreo, son útiles como alimento complementario de bovinos en condiciones extremas. Los animales se alimentan de sus frutos y hojas, complementando el consumo de pasto base que adquieren en sus recorridos dentro de potreros y parcelas. Usualmente se utilizan leguminosas rastreras para este fin. Especies no comerciales de frejoles, habas, frejolillos y hasta maníes, son empleados para el forraje de vacunos.

No obstante, las especies arbóreas de leguminosas son una buena opción. En el caso del algarrobo, es utilizado en Ecuador desde las décadas del 70' y 80'. Se trata de una especie típica de zonas de ganadería intensiva, con estaciones climatológicas secas y prolongadas. La introducción de la especie al Ecuador se produjo a partir de un programa de reforestación planteado por el estado a mediados del siglo pasado. La especie se esparció en los potreros de zonas inhóspitas y condiciones de sequía extrema, dada su característica de desarrollo en estas

áreas. La producción de vainas típicas de las leguminosas, provee de una alternativa alimenticia adicional al animal dentro del potrero. Con estas raciones nutricionales que otorga la especie, los animales obtienen una cantidad adicional de nutrientes a su dieta normal, que los mantiene en condiciones aceptables previo a los típicos estragos de la mala nutrición como pérdida de peso y funcionalidad.

Ante esta situación, la necesidad de contar con materias primas alternativas para el mejoramiento nutricional de los hatos ganaderos, es imperiosa y fundamental. Resulta necesario entonces, enrumbar estudios destinados al establecimiento de nuevas fuentes nutricionales complementarias o suplementarias a la alimentación cotidiana de los bovinos que se explotan en la provincia, en especial en el valle del Río Carrizal, específicamente, en el campus experimental de la ESPAM MFL.

JUSTIFICACIÓN

El presente estudio tiene como finalidad caracterizar desde el punto de vista agronómico y bromatológico, el desarrollo del algarrobo (*Prosopis chilensis*) desde su medio natural en la provincia de Manabí. El algarrobo tiene como característica autóctona, el crecimiento vegetal bajo extremas condiciones climatológicas y edafológicas. En la provincia de Manabí, se usa especialmente dentro de sistemas pastoriles bovinos, como forraje en la alimentación del ganado.

La importancia de *Prosopis chilensis* radica en los altos contenidos nutricionales que contiene debido a pertenecer a la familia de las leguminosas. El principal producto de uso pecuario, es su prolongado fruto en forma de vaina, que al caer al suelo en estado madura, sirve como alimento forrajero al ganado vacuno existente en la provincia de Manabí.

No obstante, este tipo de efecto simbiótico entre el algarrobo y el ganadero, no es explotada de

manera adecuada. A pesar de ser una especie de características nutricionales especiales, ha sido subestimada por la ciencia, al existir pocas investigaciones que caractericen y posicionen al algarrobo como especie idónea para su combinación en sistema silvopastoriles.

Su diseminación geográfica se dio de manera accidental. La alimentación natural y ocasional en los sistemas silvopastoriles de la zona, han determinado una explosión poblacional del árbol con diferentes especies y en distintos niveles. Resulta necesario patentar una propuesta productiva para la integración del algarrobo a los sistemas pastoriles existentes de manera comercial, fundamentando proyectos de sostenibilidad, en el estudio científico de las características agronómicas y bromatológicas de *Prosopis chilensis* en la provincia de Manabí.

Será de interés general, además, la determinación de los beneficios económicos que se generen a partir de la aplicación de los sistemas silvopastoriles en los hatos ganaderos del valle del Río Carrizal. De esta manera, la generación de información beneficiará de manera teórica a las universidades, para la replicación de estudios similares en el avance académico científico de los emprendimientos ganaderos en los sectores rurales de la provincia y de la región. El aporte práctico se garantiza a partir de la inoculación de proyectos complementarios que integren al modelo de gestión rural, la siembra del algarrobo como alternativa alimenticia forrajera en los sistemas silvopastoriles de los productores en general.

Finalmente, el desarrollo del presente estudio mejorará el manejo emergente de las situaciones de escasas alimenticias existentes en la provincia de Manabí durante los prolongados periodos de sequía. Ante esta realidad y factores significativos que justifican el desarrollo de la presente investigación, se presentan los siguientes objetivos que orientarán el estudio de manera cronológica y metodológica:

OBJETIVOS

Objetivo General.

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.

Objetivos Específicos.

- Identificar las diferentes especies de algarrobo (*Prosopis spp.*) existentes.
- Evaluar el contenido nutricional de *Prosopis chilensis* y la disponibilidad de los frutos usados como forraje en el área de estudio.
- Realizar pruebas de digestibilidad in vivo en bovinos fistulados.
- Evaluar el desempeño productivo de bovinos de engorde sometidos a diferentes niveles de inclusión de harina de *Prosopis chilensis*.
- Determinar el mejor valor económico de los tratamientos.

HIPÓTESIS

H0: Las diferentes variedades de algarrobo, son una buena fuente forrajera influenciada por el valor nutricional y su disponibilidad en zonas tropicales de baja precipitación.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Características del algarrobo (*Prosopis chilensis*)

El algarrobo (nombre ecuatoriano) es un árbol o arbusto perenne que cuenta con un tronco grueso y follaje denso. Las hojas son muy pequeñas y sus ramas esqueléticas. El árbol produce unas vainas purpúreas, dentro de las que se dispone de una pulpa azucarada que envuelve un grupo de semillas (de 10 a 16). Sus hojas se disponen en 2-5 pares de foliolos, registrando márgenes ligeramente ondulados. La inflorescencia es de tamaño diminuto, a veces amarillo-verdosas y hasta color crema, con dimensión de entre 6 y 15 metros de altura (CCM GROUP, 2015).

El fuste del árbol se presenta ramificado, mide entre 40-80 centímetros (diámetro a la altura del pecho DAP). La copa horizontal es globosa, con una dimensión de 8-12 metros de diámetro. La corteza del tronco y las ramas es de color parda negruzca, de tipo fisurada. Las hojas son compuestas, bipinnadas y comúnmente con pocos pares de espinas opuestas. Se registran foliolos pequeños y oblongos. Las flores son pequeñas, de color crema, verde amarilloso, actinomorfas, hermafroditas, en inflorescencias en espigas densas amarillas (García, y otros, 2014).

Los son frutos legumbres drupáceas de 12-15 centímetros de longitud y 1,5 centímetros de diámetro; indehiscentes, lineales, falciformes; con mesocarpo carnoso y endocarpo dividido en compartimentos para una semilla. Los segmentos son de coriáceos a leñosos, las semillas ovoides, achatadas, duras y de color marrón cuando alcanzan el estado de madurez. Se trata de una especie heliófita de rápido crecimiento y larga vida, se reproduce por semilla, prefiere suelos aluviales profundos (García, y otros, 2014).

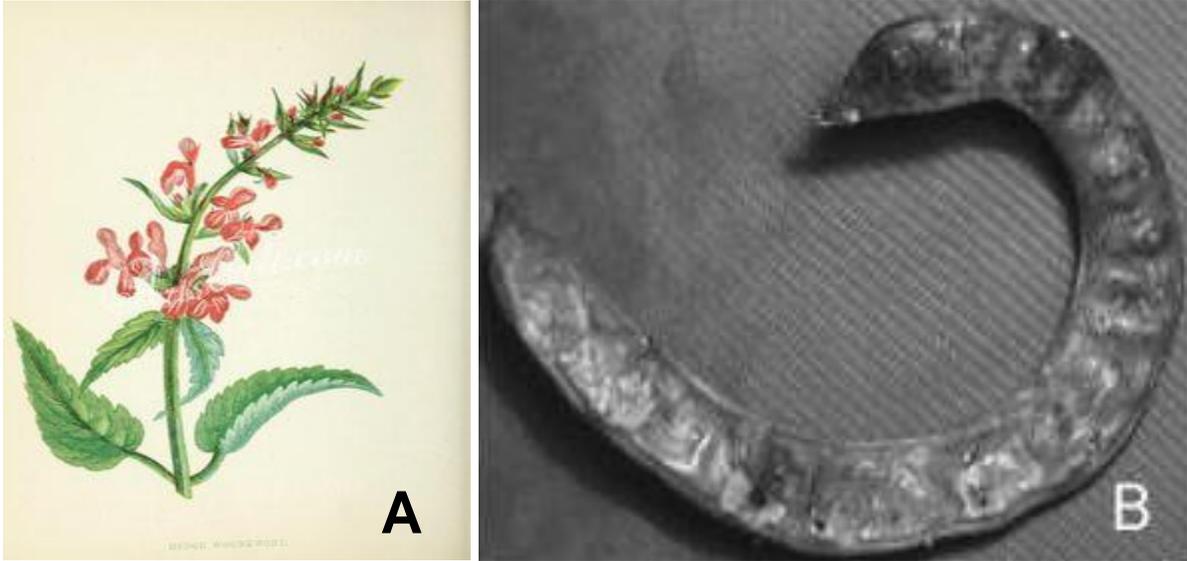


Figura 2. A. Característica etnobotánica. Flor de *Prosopis chilensis*; B. Característica etnobotánica. Fruto del algarrobo (*Prosopis chilensis*).

Fuente: (Capparelli, 2008)

TAXONOMÍA

Reino: Plantae

División: Fanerógama Magnoliophyta

Clase: Dicotiledónea Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Subfamilia: Mimosoideae

Género: *Prosopis*

Especie: *chilensis* (Iglesias, y otros, 2007)

Distribución geográfica: Esta especie habita en planicies y laderas del bosque seco. Crece entre 0 y 500 msnm, en las provincias del Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Loja y Manabí (Jorgensen & Leon, 1999).

Tipo de bosque: bosque seco pluvio-estacional y bosque seco andino. Las algarrobas se han utilizado tradicionalmente en los piensos del ganado. (Botanical online, 2018)

Especies de algarrobo (*Prosopis* spp.) en Manabí

La provincia de Manabí forma parte del litoral ecuatoriano y se ubica en el noroeste del país. El Clima oscila entre subtropical seco a tropical húmedo. La estación invernal que se inicia a principios de diciembre y concluye en mayo, es calurosa debido a la influencia de la corriente calida del Niño. El verano que va de junio a diciembre es menos caluroso y está influenciado por la corriente fría de Humboldt. La temperatura promedio del cantón Bolívar y del valle del Río Carrizal, oscila entre los 25 y 27 °C (Conforme, 2014).

Las condiciones climatológicas y pedológicas del valle del río Carrizal, propicia el desarrollo de *Prosopis* en las zonas inhóspitas y extremas. Existen algunas especies dentro del género esparcidas por la provincia de manera aleatoria e irregular (Conforme, 2017). A continuación, se recopila información científica de algunas de las especies presentes en la provincia de Manabí.

***Prosopis chilensis* - Algarrobo blanco**

Nombre común: Algarrobo; algarrobo blanco. En la figura 2 se grafican hojas y frutos de *Prosopis chilensis*. Descripción: Se trata de un árbol de hasta 10 metros de altura, sin espinas en ramas viejas. Se registran hojas 1–2 yugadas; pinnas 10,94–13,25 centímetros de longitud y 2,94–5,34 centímetros laterales, pinnas generalmente uniyugadas, folíolos 2,87 a 5,45

centímetros de longitud y 1,54 a 2,2 milímetros laterales (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010).

La inflorescencia se dispone en racimos espiciformes. El fruto es una legumbre falcada a semianular con los márgenes paralelos o bien algo ondulados, color pajizo a veces con manchas violáceas de 16,2 a 25 centímetros por 1,24 a 1,75 centímetros, mesocarpo dulce, palatable (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010).

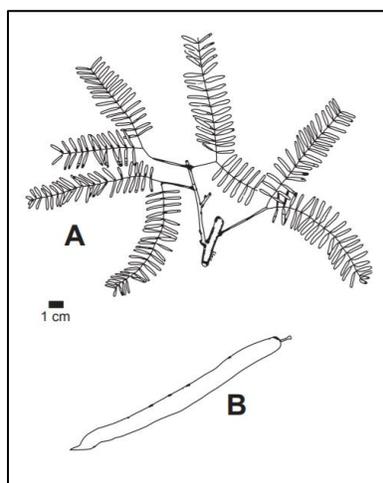


Figura 3. *Prosopis chilensis*.

Fuente: (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010)

***Prosopis pallida* H.B.K - Algarrobo Amarillo**

Se trata de un árbol de hasta 18 metros de altura o arbustos de tres a cuatro metros (Aguirre, 1989). Contiene un tronco de 40 a 80 centímetros de diámetro, que a edad avanzada puede tener hasta dos metros. En proporción del grosor, las ramas engrosan y se bifurcan desde los 10 centímetros sobre el suelo y hasta 150 centímetros. Registran espinas divaricadas, una sola en cada nudo, con uno a cuatro centímetros de longitud. Los suelos donde viven los algarrobos son

tipo franco-arenoso y arcillo-arenoso, el pH es neutro. La topografía es plano-ondulada a pedregosa, en la falda de contrafuertes andinos (Iglesias, y otros, 2007).



Figura 4. *Prosopis pallida*

Fuente: (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010)

Prosopis affinis – Algarrobo negro

Es un árbol de 2,5–10 m de alto, con el tronco erguido de 50–60 cm. de diámetro, ramoso, con ramas ascendentes o flexuosas, inermes o espinosas. Las espinas geminadas, axilares, divaricadas, de 5–18 mm de largo. Las hojas de 4,5–14 cm de largo dispuestas en grupos de 3–8 hojas por nudo. El pecíolo de 10–35 mm de longitud con glándula interpeciolar cupuliforme, sésil, parduzca con poro apical. Las pinnas de 2–7 cm de largo con 13–16 pares de folíolos, de 6–17 cm de largo por 2–2,5 mm de ancho, elípticos, cortamente mucronados, cinereos y villosos, el raquis y nervios reticulados son prominentes abajo. El acumen de 8–20 mm de largo, glabro, curvo. El pedúnculo de 6–15 mm de largo, glabro (Ferreyra, 1987).



Figura 5. *Prosopis affinis*

Fuente: (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010)

Bioecosistema del algarrobo (*Prosopis* spp.) en Manabí

La especie *Prosopis* habita sectores cercanos al mar, a una altitud inferior a 500 metros sobre el nivel del mar (msnm). A 40 kilómetros de la costa ya no se le suele encontrar, sin embargo, existen ejemplares hasta a 1,500 msnm. A pesar de su característica rústica, es susceptible a las bajas temperaturas, especialmente inferiores a los 5 °C. Algunas de las afectaciones van desde la morbilidad y hasta la muerte. Por otra parte, las temperaturas pueden afectar a los árboles si rebasan los 45°C y en ausencia de buenas labores agronómicas. También es una planta tolerante a la sequía, por ende es la especie más resistente a épocas secas. El algarrobo necesita de unos 350 milímetros de agua al año para mantener el desarrollo de sus funciones básicas (Sciammaro, Ferrero, & Puppo, 2015).

Este cultivo tiene un buen desarrollo con 250 a 500 milímetros de precipitación media anual, siendo favorable de 125 a 250 milímetros. En zonas de la costa como Manabí la mejor época para su siembra es a inicios de la etapa invernal, para que las lluvias coadyuven en la fase inicial de desarrollo (Padilla, 2009).

Composición nutricional del algarrobo

En base a numerosos estudios, distintos autores reconocen al algarrobo como un cultivo milenario. El árbol es empleado desde tiempos remotos por ancestros para su alimentación debido a su valor nutricional, rico especialmente en contenido proteico y de carbohidratos (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

Según (Díaz, Sánchez, & Prokopiuk, 2013) en un estudio nutricional realizado con *Prosopis chilensis*, las vainas del algarrobo son excepcionalmente ricas en azúcares y otros nutrientes comparados con otras variedades de *Prosopis* en el mundo, lo que las convierten en un recurso idóneo para lograr una transformación agroindustrial orientada a la elaboración de alimentos derivados. Por ende, nuevas investigaciones se han llevado a cabo recientemente para determinar exactamente el valor nutritivo de esta especie de leguminosa, especialmente de su fruto (vaina) con el fin de encontrarle un uso en nutrición, tanto humana como animal (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

Tabla 1

Composición química de los frutos y partes vegetativas del algarrobo

Componentes	Fruto	Follaje
Materia seca, %	94,6	90,7
Materia orgánica, %	91,2	80,8
Proteína total, %	7,6	13,5
Fibra Cruda, %	26,0	19,9
Extracto etéreo, %	1,10	1,40
Cenizas, %	3,40	9,90
Ext. No Nitrógeno. %	56,5	46,0
Energía bruta, Kcal/kg.Ms	4.310	4.460

CONTINÚA 

Pred. Celular, %	32,7	34,1
Fibra detergente ácido, %	27,1	28,3
Hemicelulosa, %	5,6	5,8
Celulosa, %	20,0	13,4
Fósforo, %	0,02	0,05
Calcio, %	0,17	1,27
Magnesio, %	1,2	4,8
Sodio, %	0,05	0,18
Potasio, %	1,15	2,02
Cobre, p.p.m.	30	45
Hierro, p.p.m.	150	600
Cobalto, p.p.m.	No detectable	50
Manganeso, p.p.m.	45	200

Fuente: (FAO, 2009).

Según la (FAO, 2006), del análisis químico se deduce que este alimento puede clasificarse bajo el grupo de “forrajes toscos”, cuyo alto contenido de fibra, en especial en los frutos, y su limitado aporte proteico sugieren que debe complementarse adecuadamente con otros alimentos, para constituir una dieta balanceada para ovinos y caprinos en aquellos períodos de mayores requerimientos (final de gestación y comienzo de lactancia).

Los estudios químicos realizados por los mismos autores muestran que la vaina de algarrobo en pulpa es rica en compuestos biológicamente activos (diterpenos, sesquiterpenos, flavonoides y oligosacáridos) que cumplen funciones antiinflamatorias, antibacteriales, etc. y destacan la presencia de taninos, que tienen un efecto astringente en el tracto gastrointestinal. Adicionalmente, se señala que las semillas del algarrobo son ricas en galactomano, sustancia

empleada como espesante y gelificante en industrias como cárnicos y helados (Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008).

Distribución geográfica

Los bosques del algarrobo en Ecuador se desarrollan en condiciones climáticas extremas, una precipitación anual de 400-600 mm, en un periodo de 3-4 meses, generalmente en febrero, marzo y abril; la temperatura media anual es de 24,9 oC. La evapotranspiración potencial es de 1783 mm/año (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010).

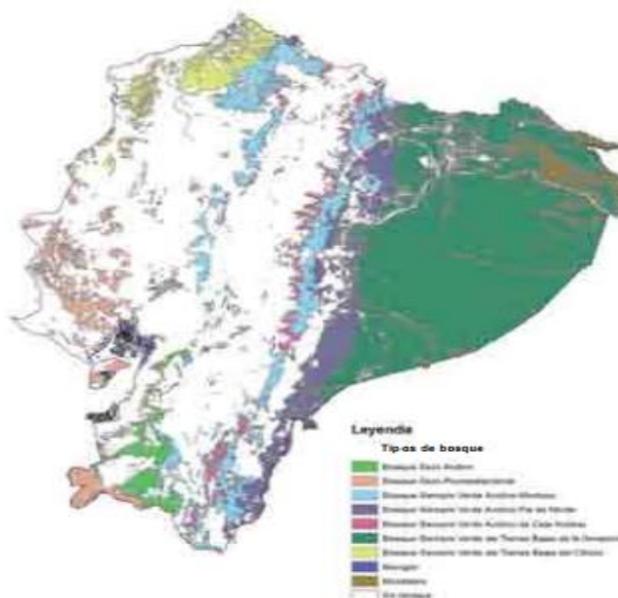


Figura 6. Clasificación preliminar de los diferentes tipos de bosques del Ecuador
Fuente: (Burghardt, Brizuela, Mom, Albán, & Palacios, 2010).

Estudios en alimentación animal (rumiantes)

En la provincia de Manabí existen variedades de árboles forrajeras, entre ellos el algarrobo (*Prosopis juliflora*), y otra especie de árbol forrajero como el guazmo (*Guasuma ulmifolia*), los mismos que de acuerdo a investigaciones y su análisis proximal que se reportan, presentan un

alto valor nutritivo, constituyéndose en una alternativa alimenticia sobre todo en la época de escasez de pasto en los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre (Rodríguez & Méndez, 2017).

En estudios efectuados con algarrobo, las mayores ganancias de peso a los 30, 60 y 90 días se registraron mediante el consumo de pasto Saboya + algarrobo (T1), con 52.85 kg, forraje saboya + Guasmo+ algarrobo (T3), con 30.69 kg/mes y pasto saboya + algarrobo (T2), con 22.94 kg/mes en su orden. La mejor condición corporal de los animales al final del ensayo fue en los tratamientos (T1) con pasto Saboya + algarrobo 4.2 seguido del tratamiento (T3) algarrobo + Guasmo + pasto Saboya con 4 y el (T2) pasto Saboya + Guasmo con 3.8 (Intriago, 2013).

(Intriago, 2013) recomendó en el estudio suministrar alimento a bovinos doble propósito forraje pasto Saboya + algarrobo (T1), ya que demostró su mejor comportamiento productivo en una mayor ganancia de peso, conversión alimenticia y condición corporal, igualmente Al evaluar el potencial alimenticio de especies de árboles forrajeros existentes en la región costera de Manabí donde constituyen una alternativa alimenticia para el ganado bovino, sobre todo en la época de escasez de pasto, entre los meses de septiembre y diciembre.

Consecuentemente los parámetros nutricionales obtenidos en frutos de algarrobo y Guasmo permiten corroborar que constituyen una alternativa viable para la suplementación alimentaria del ganado bovino durante el período de pluviosidad baja en la costa de Manabí.

El cultivo del algarrobo como una alternativa de alimentación animal

(Intriago, 2013) manifiesta que los frutos del algarrobo son los más utilizados en la alimentación de los animales domésticos como el bovino, equinos, caprinos y cerdos, entre otros

animales. También reportan que las hojas son ricas en nitrógeno y este es un elemento esencial para todas las plantas superiores y para los microorganismos, que se encuentran en muy baja proporción en el sistema. Estos microbios genéticos en el suelo tienen otra tarea importante que es la de formar la estructura del suelo, pero lo mejor sus hojas y frutos pueden ser usados en la alimentación animal de cualquier especie zootécnica.

El mismo autor menciona además que los productos del algarrobo estudiados pueden clasificarse bajo el grupo de “forrajes toscos”, cuyo alto contenido de fibra, en especial en los frutos, y su limitado aporte proteico sugieren que debe complementarse adecuadamente con otros alimentos, para constituir una dieta balanceada para ovinos y caprinos en aquellos períodos de mayores requerimientos (final de gestación y comienzo de lactancia). Además, según un análisis químico de la vaina del algarrobo (*Prosopis pallida*), tiene del 9 – 14% de proteínas, 50% de extracto no nitrogenado, 20% de fibra, 3% de cenizas y vitaminas especialmente del complejo B. De acuerdo al análisis químico se observa que tanto las frutas como las partes vegetativas del algarrobo se presentan como un alimento de coeficiente alto de digestibilidad.

(Alzate, Arteaga, & Jaramillo, 2008) presentan que uno de los usos más conocidos de la pulpa de algarroba en nuestro medio es la alimentación animal, como vacas, cerdos y conejos. Se han encontrado estudios sobre la digestibilidad de la pulpa de algarrobo en conejos, en esta investigación se decidió usar dicha pulpa por su buen contenido de fibra y como una alternativa para reemplazar el volumen de comida suministrada por un alimento que no compite con la alimentación humana y que disminuye los costos de producción de las fórmulas balanceadas utilizadas en la alimentación animal. En este estudio se concluyó que los nutrientes de la pulpa de algarrobo tienen baja digestibilidad, por lo tanto, no debe ser suministrados a los conejos como

pienso único. Al parecer el contenido de taninos que tiene la pulpa puede interferir en la digestibilidad de la misma.

Similares resultados se obtuvieron en una investigación realizada en el Perú, sobre la suplementación de la alimentación de caballos con frutos de algarroba de la especie *Prosopis pallida*. Se determinó que la digestibilidad de la algarroba para caballos adultos es de 62%. Destaca la baja digestibilidad de la fibra cruda (6.9%). También que el incremento de algarroba en la ración en caballos reduce linealmente los coeficientes de digestibilidad de la mayoría de las fracciones nutricionales. Y además en términos económicos, medido en función por kg de materia seca digerida, los menores precios se obtuvieron a mayores inclusiones de algarroba en la ración. Por lo tanto, constituye una alternativa como fuente de alimentación suplementaria para animales (Peñaloza, San Martín, & Ara, 2002).

Producción bovina de Manabí

La actividad agropecuaria del Ecuador continúa representando un sector primordial de la economía del país, al aportar con 8% del PIB real total (en promedio de los años 2000 a 2013), el cual puede subir a alrededor de 30% si se considera toda la cadena de valor de los productos agropecuarios. En porcentajes del PIB agrícola, la agricultura representa en promedio del periodo el 76%, la ganadería el 11% y la silvicultura más del 12%, la contribución de la ganadería al PIB agrícola se ha mantenido relativamente estable a lo largo del periodo (el valor promedio del periodo es cerca de \$450 millones. El PIB de animales, por su parte, se mantuvo entre 2010 y 2013 solo con tasas de crecimiento de entre 1 y 3% (Cuichán, y otros, 2014).

Según datos de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), en promedio del periodo 2000-2013, los

pastos representaron cerca del 68% del área cultivable del país (se excluye las áreas en descanso, páramos, montes y bosques, y otros usos) – 48% es área con pastos cultivados y 20% naturales (INEC, 2014).

En promedio de los años 2000 a 2013, en el país se han mantenido cerca de 5 millones de hectáreas de pastos, 42% de las cuales se han encontrado en la Sierra, 39% en la Costa y 19% en el Oriente. Sin embargo, la importancia de los pastos en la Costa parece haber iniciado una ligera disminución desde el año 2010, llegando a 35% en 2013 versus un aumento de la misma en el Oriente, hasta 22% en dicho último año (INEC, 2014).

Manabí supera a las otras provincias en cuanto a su concentración de hectáreas de pasto con cerca de 900,000 hectáreas en promedio de 2000 a 2013; esto es, 18% en promedio del total nacional y 48% de la Costa (durante 2013, el porcentaje fue 52% del total de pastos en la Costa. Cabe notar, sin embargo, que la gran mayoría de estos pastos son cultivados, lo que contrasta con la región Sierra, donde en la mayoría de años del periodo la cantidad de pastos naturales es ligeramente mayor o muy similar a la de pastos cultivados (INEC, 2014).

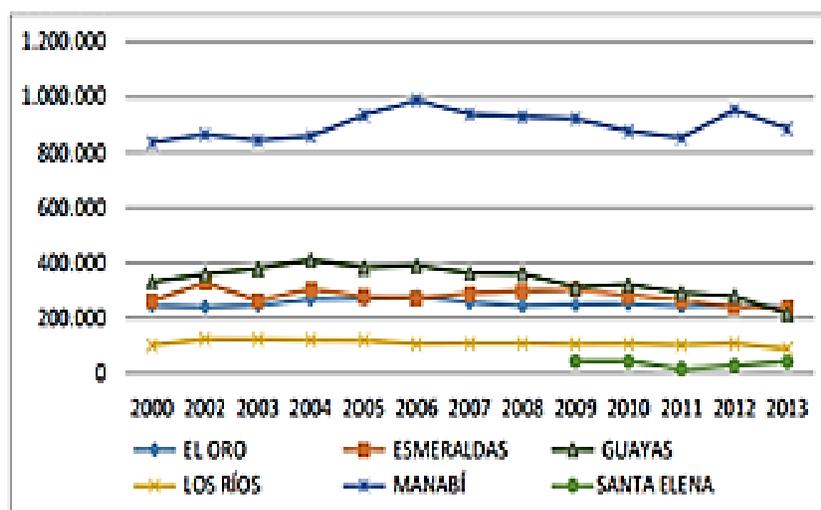


Figura 7. Hectáreas de pastos totales en la costa 2000 – 2013

Fuente: (INEC, 2014)

La importancia de Manabí en la distribución de ganado vacuno en la región. Al año 2013, Manabí concentró el 18% del ganado vacuno a nivel nacional (entre 17 y 19% durante el periodo 2000-2013) y el 53% del ganado vacuno de la Costa (entre el 48 y 53% durante el periodo 2000-2013) (INEC, 2014).

Tabla 2

Provincias de la costa y principales cantones ganaderos

Prov. y cantones	No. animales	Prov. y cantones	No. animales	Prov. y cantones	No. animales
<i>Manabí</i>	<i>912,310</i>	<i>Guayas</i>	<i>318,633</i>	<i>Esmeraldas</i>	<i>342,715</i>
Chone	228,259	Balzar	53,945	Quinindé	145,526
El Carmen	124,076	El Empalme	34,253	Río Verde	58,578
Pedernales	107,526	Urbina Jado	28,253	Atacames	37,812
Flavio Alfaro	104,746	Daule	24,449	Eloy Alfaro	34,811
Prov. y cantones	No. animales	Prov. y cantones	No. animales	Prov. y cantones	No. animales
<i>El Oro</i>	<i>163,369</i>	<i>Los Ríos</i>	<i>104,483</i>	<i>Santa Elena</i>	<i>19,784</i>
Arenillas	25,644	Valencia	23,151	Santa Elena	19,779
Piñas	24,156	Vinces	16,058		
Las Lajas	20,407	Palenque	13,762	<i>Santo Domingo</i>	<i>240,641</i>
Zaruma	20,191	Baba	12,265	Santo Domingo	227,237

Fuente: (INEC, 2014)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del lugar de investigación

El presente estudio se desarrolló en el Campus Politécnico de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí MFL, ubicado en el sitio El Limón, en la parroquia Calceta, del Cantón Bolívar, de la Provincia de Manabí.

Ubicación Ecológica.

Temperatura media anual:	25 °C
Precipitación media anual:	757,9 mm/año
Humedad relativa:	81 %
Piso altitudinal:	15 msnm (Barberán & Zambrano, 2012)



Figura 8. Ubicación geográfica del cantón Bolívar.
Fuente: (GAD cantonal de Bolívar, 2018)

Materiales

Materiales y Equipos.

a. De campo

- Cinta métrica
- GPS
- Cámara fotográfica
- Balanza

b. De laboratorio

- Estufa
- Balanza analítica
- Fundas Nylon para digestibilidad
- Bovinos fistulados

Metodología.

Análisis estadístico.

Se utilizó un análisis estadístico para investigaciones de tipo descriptivo (no experimental). La Información se procesó a través de modelos lineales del software estadístico INFOSTAT. Se utilizaron instrumentos para establecer relaciones, correlaciones, regresiones e infografías.

Muestreo botánico.

Diagnóstico.

El diagnóstico se efectuó a partir de un recorrido integral de la zona en estudio. Para cumplir con esta actividad se diseñó una ficha botánica, fundamentada en claves taxonómicas para la

identificación de especímenes del género *Prosopis* spp. propuestas por (Burkart, 1976). Ver Anexo 1 y Anexo 2.

Recolección de material botánico.

En virtud de la traducción técnica de la clave botánica efectuada previo al diagnóstico, se determinó 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, Carr, Price, & Singhurst, 2007).

Esta actividad se efectuó con la colaboración de estudiantes del noveno semestre de la carrera de Agrícola de la ESPAM MFL. Los estudiantes contaron con una capacitación previa para la identificación primaria del árbol del algarrobo.

Análisis del material botánico.

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. La población universo fue de 117 árboles.

Una muestra excesiva incurre en gastos innecesarios, pero una ínfima puede dejar de representar a la población universo (Carrasco, 2013). En consecuencia, fue necesario efectuar un cálculo de muestreo para el que se utilizó la siguiente fórmula para poblaciones finitas (inferiores a 100 mil individuos):

$$n = \frac{Z^2 * N * P * Q}{E^2(N - 1) + Z^2 * P * Q}$$

Dónde:

N = Población	117 árboles
z = Intervalo del nivel de confianza	95% (0,95)
p = Nivel de Ocurrencia	50%
q = Nivel de No-Ocurrencia	50%
e = Grado de error	5% (0,05)

Después de la aplicación de la fórmula se estimó 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 9. Mapeo del muestreo.
Fuente: (GAD cantonal de Bolívar, 2018)

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. El DAP está se estima a los 1.37 metros de altura (4.5 pies). Los resultados se expresaron en metros (Prodan, 1997).

Se calculó el área basal (G) por hectárea, a partir de la cual se obtuvo el diámetro del árbol de área basal promedia (dq). Posteriormente, se apeó y cubicó un árbol por parcela, correspondiente a aquel con dn aproximadamente igual al dq y que presentó características morfológicas representativas de los árboles del rodal.

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 (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.

Análisis Proximal

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. 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 aproximadamente 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 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 descrita en el año de 1979, como se describe en la siguiente ecuación (Chavira, Gutiérrez, García, López, & Duarte, 2011).

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

Fuente: (Allen, 1997)

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, a las 6:00 a.m., antes de iniciar el suministro de alimentos. 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 8 especímenes sometidos al tratamiento fueron distribuidos en dos grupos de 4. 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.

Tratamiento y diseño experimental.

Estadística Descriptiva.

Para efectos de análisis estadísticos se implementaron técnicas de estadística descriptiva para los valores reportados en las diferentes variables.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Identificación de los especímenes encontrados

La identificación taxonómica de los especímenes (muestra), se determinaron a partir de un estudio botánico. Para este fin se utilizaron claves taxonómicas descritas por (Burkart, 1976), considerando a la especie *Prosopis chilensis* por su mayor presencia en el área de estudio. La caracterización comprendió el estudio detallado de estructuras botánicas como hojas, flores y frutos.

Tronco y Ramas

Árbol con 5-15 m de altura. De acuerdo a la edad, el tronco puede alcanzar un diámetro de 1 m. Ramas caídas (Burkart, 1976).



Figura 10. Detalle botánico ramas tipo caídas. Ángulo de 35^a

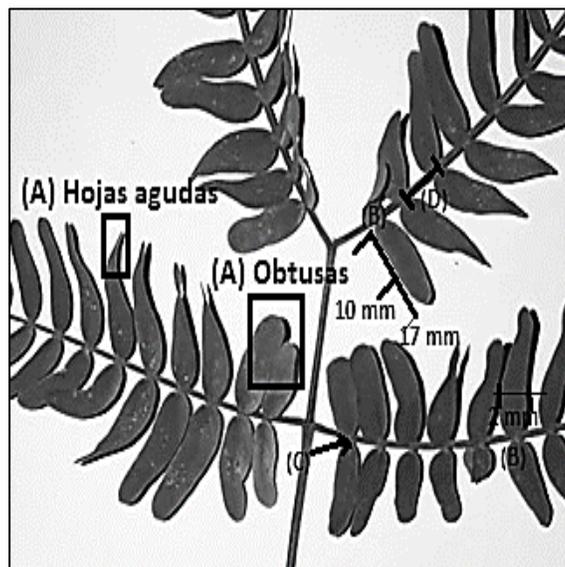


Figura 12. Detalle botánico Hojas: Formas (A); Longitud y amplitud (B); Forma de base (C); distancia entre foliolos (D).

1.1.1.1. *Espinas*

Espinas escasas y pequeñas, sólo en brotes fuertes, 2-4 cm de largo. (Burkart, 1976)

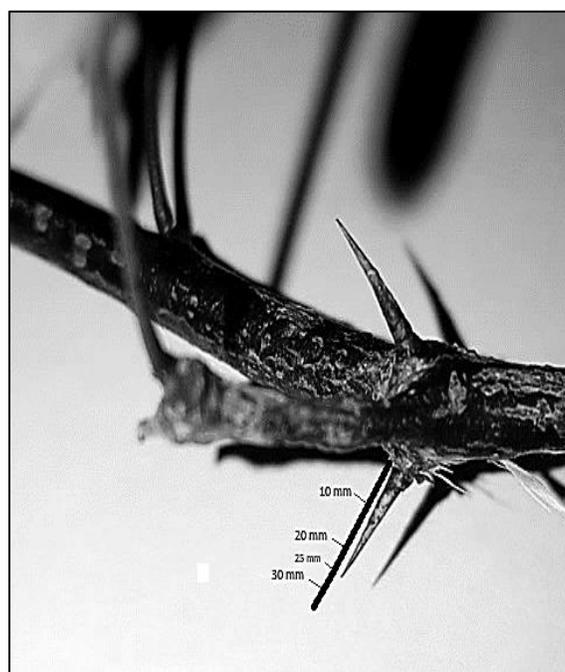


Figura 13. Detalle botánico, espinas con 2.5 cm de largo, tipo caídas y en yema axilar

Análisis Agronómico

Altura de Árbol

La altura de árbol fue determinada a partir de una muestra de 90 especímenes. La altura promedio fue de 10.54 metros.

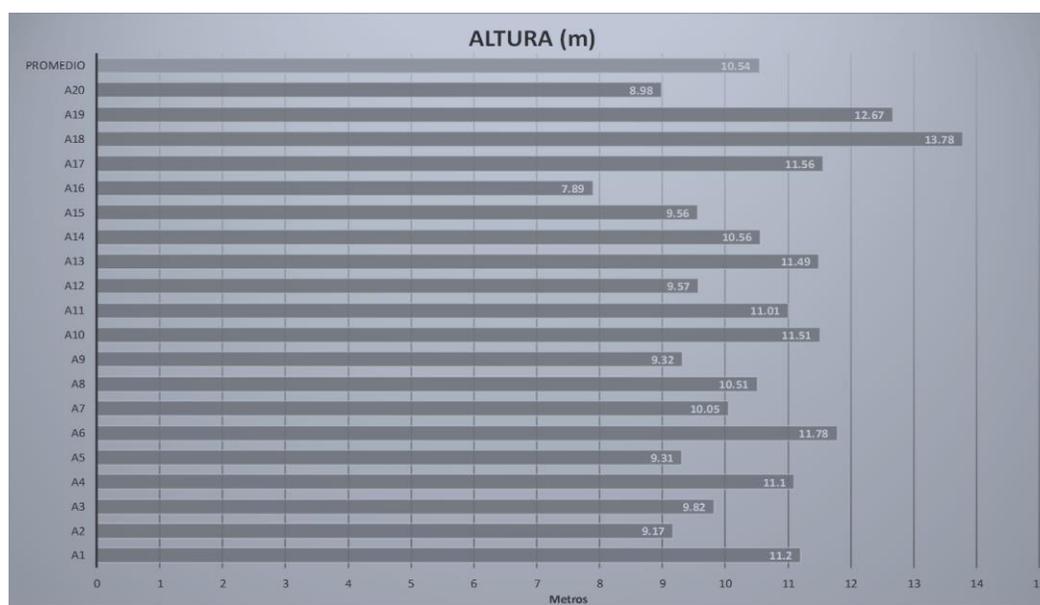


Figura 14. Promedio en metros para la variable Altura de Árbol

Diámetro a la Altura del Pecho

El diámetro a la altura de pecho fue determinado a partir de una muestra de 90 especímenes. El diámetro promedio fue de 0.93 metros.

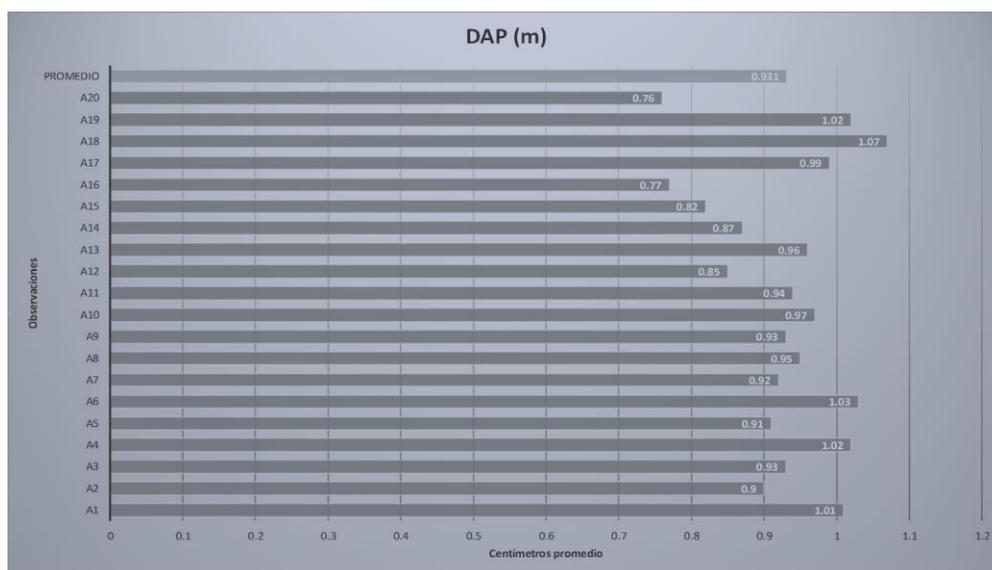


Figura 15. Promedio en centímetros para la variable Diámetro a la Altura del Pecho (DAP)

Longitud del Fruto

La longitud del fruto se determinó a partir de la recolección de frutos por árboles. El promedio de longitud fue de 10.36 centímetros.

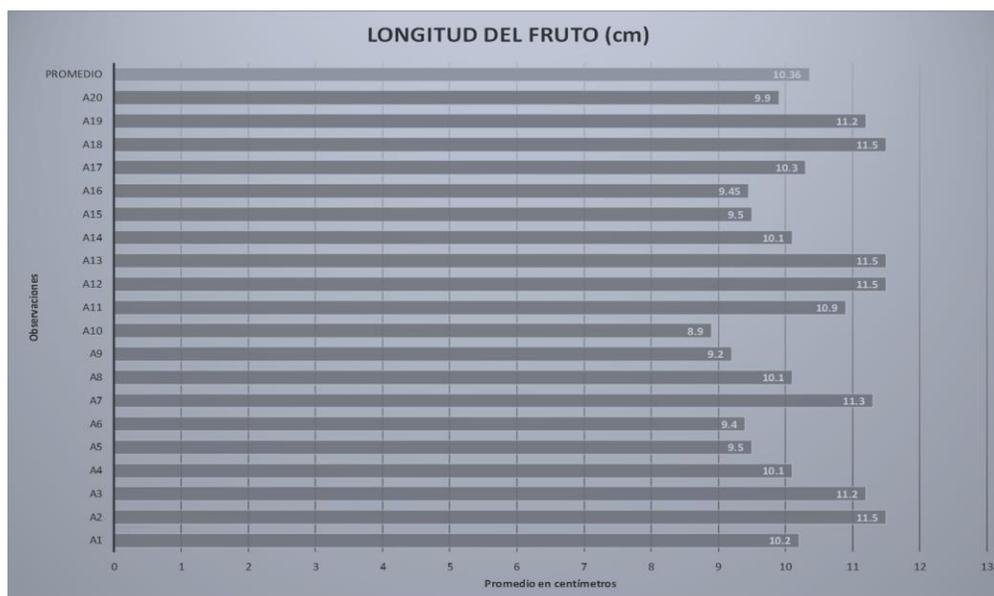


Figura 16. Promedio en centímetros para la variable Longitud del Fruto

Análisis nutricional del algarrobo (*Prosopis chilensis*)

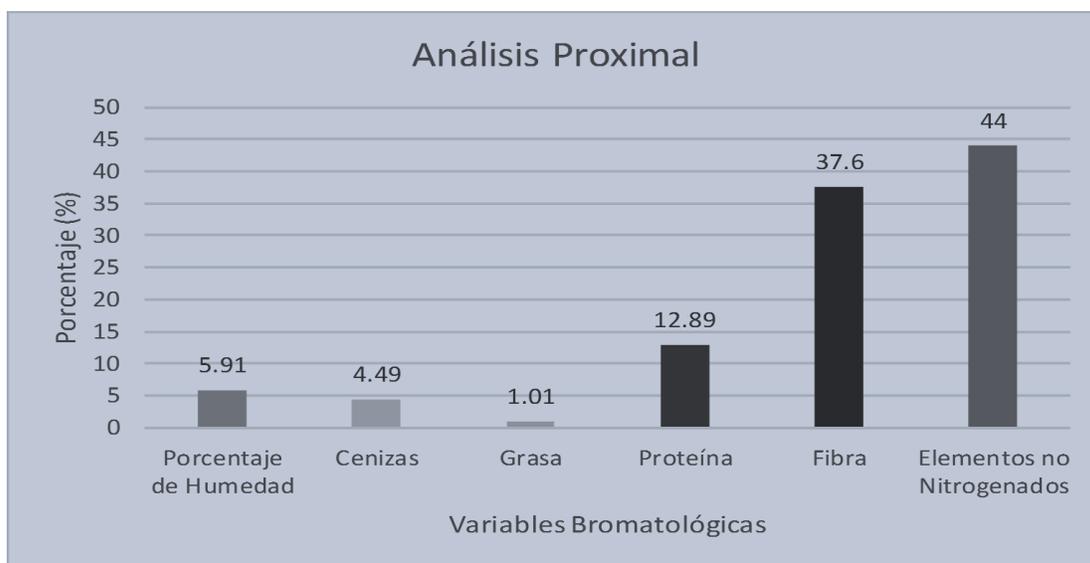


Figura 17. Resultados del análisis proximal

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 % (figura 16).

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%) (Ceconello, 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, y otros, 2006).

Análisis de aminoácidos

Según la tabla 3 los aminoácidos con mayor concentración en la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*) son prolina (16 %); ácido glutámico (9 %); prolina (16 %); valina (7 %); leucina (7.7 %) y arginina (5.6 %).

Tabla 3

Análisis de aminoácidos de la harina de algarrobo (Prosopis chilensis)

Parámetro	Contenido (% en CP)
Metionina	0.825
Cistina	1.103
Metionina + Cistina	1.928
Lisina	3.229
Treonina	3.435
Triptófano	0.969
Arginina	5.668
Isoleucina	2.924
Leucina	7.175
Valina	7.713
Histidina	1.812
Fenilalanina	2.861
Glicina	3.336
Serina	3.821
Prolina	16.404

CONTINÚA

Ácido glutámico	9.022
NH3	1.614

Fuente: (Evonik Nutrition & Care GmbH, 2018)

Análisis de digestibilidad ruminal de la harina de algarrobo

Tabla 4

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 de la harina de algarrobo

Tabla 5

Degradabilidad in situ de la harina de algarrobo (Prosopis chilensis)

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

CONTINÚA 

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	60.98	61.37	61.17
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 5% hora⁻¹	59.11	59.49	59.30
Degradabilidad efectiva, tasa pasaje de 8% hora⁻¹	57.24	57.61	57.43

Degradabilidad ruminal in situ de la harina de Prosopis chilensis.

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.

En relación con estos resultados (Pizzani, y otros, 2006) 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 sobre las materias estudiadas. En la mayoría de los casos valores de degradabilidad superiores al 50%. La especie *Enterolobium cyclocarpum* presentó 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%).

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. Este resultado determina un nivel de degradabilidad medio alto, en coincidencia con los resultados obtenidos por (Lentz & 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”.

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.

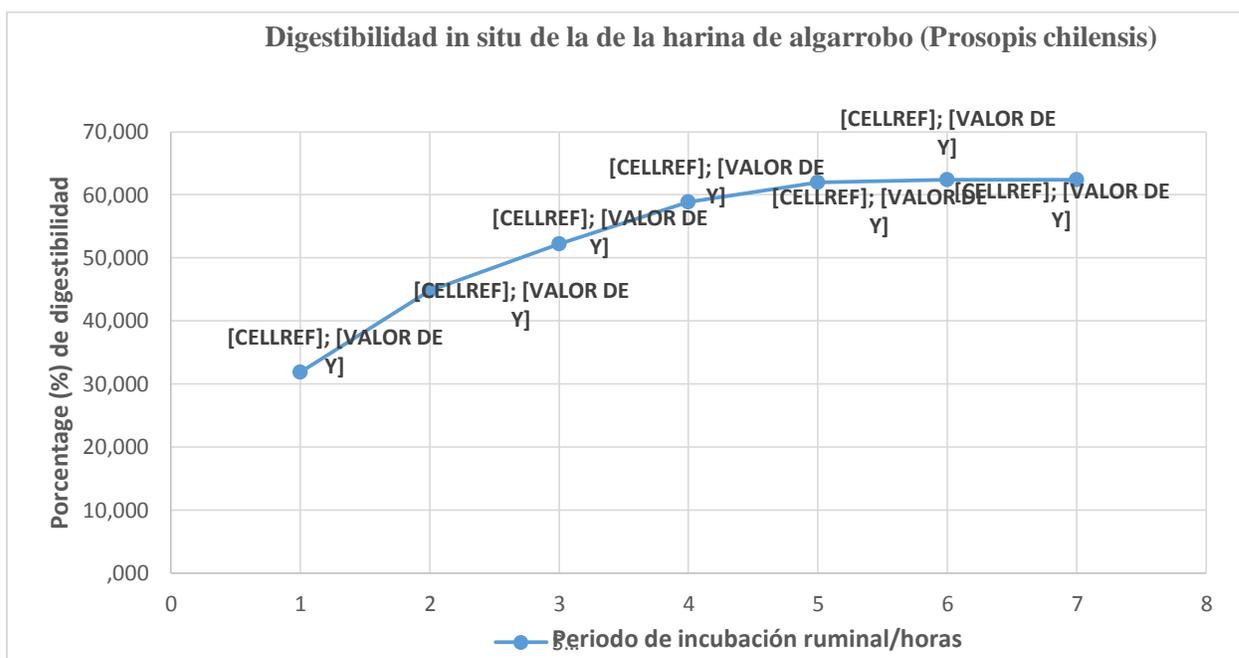


Figura 18. Curva de digestibilidad in situ de la harina de algarrobo (*Prosopis chilensis*)

En la figura 17 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 % a las tres horas; 52.19 % a las seis horas; 58.88 % a las 12 horas; 61.96 % a las 24 horas; 62.41 % a las 48 horas y 62.42 % a las 72 horas.

Desempeño productivo de bovinos

Ganancia media diaria (GMD)

En la tabla 6 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, son una buena fuente forrajera influenciada por el valor nutricional y su disponibilidad en zonas tropicales de baja precipitación.

Tabla 6
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 **

Análisis económico

Para efectuar el análisis económico se estructuró un presupuesto general de la crianza de un torete mestizo. Se obtuvo un costo general de \$ 283.80, con el que se realizó el cálculo de costo fijo para el análisis económico en confrontación con los costos variables. La tabla 7 evidencia los costos variables incurridos en la fabricación de la harina de algarrobo.

Tabla 7*Costos variables por fabricación de harina de algarrobo***Costos variables de insumos en la inoculación (costos/ha)**

N	Tratamiento	Materia prima	Costos de aplicación	Total
1	Testigo	0	0	0
2	1000 g harina	2.00	3	5

La tabla 8 detalla que el T2, tratamiento con harina de algarrobo como suplemento alimenticio con 269.07 USD/animal, evidenció el mayor beneficio neto de acuerdo al análisis económico. El análisis de sensibilidad determinó con mejor relación costo-beneficio al tratamiento con 100 g de harina con 2.25. En consecuencia, por cada dólar invertido en la crianza de un animal con harina de algarrobo como suplemento alimenticio, se obtendrán 1.25 dólares como utilidad neta. En estos términos la rentabilidad es del 125 %.

Tabla 8*Análisis de sensibilidad***Tratamientos**

	T0	T1
Rendimiento kg	487.00	536.92
Rend. Ajustado (10%)	438.30	483.23
Benef. Bruto (\$/animal)	525.96	579.87
Total costos que varían	0	5
Costos fijos	253.00	253.00
Benef. Netos	272.96	321.87
B/C	2.08	2.25

CONCLUSIONES

Entre las principales conclusiones extraídas a partir del trabajo de investigación y en fiel cumplimiento de los objetivos específicos, se determinaron las siguientes conclusiones:

La única especie de algarrobo identificado mediante reconocimiento botánico fue *Prosopis chilensis*. Esta especie se encuentra en una densidad de 117 árboles a lo largo de las 156 hectáreas evaluadas. Se encontraron especímenes desde 1.5 metros hasta los 25 metros de altura que sirve 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 %); leucina (7.7 %) 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 %.

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. 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.

El tratamiento con harina de algarrobo como suplemento alimenticio obtuvo el mejor valor económico con 269.07 USD/animal. El análisis de sensibilidad determinó con mejor relación costo-beneficio al tratamiento con 100 g de harina con 2.25. En consecuencia, por cada dólar invertido en la crianza de un animal con harina de algarrobo como suplemento alimenticio, se obtendrán 1.25 dólares como utilidad neta. En estos términos la rentabilidad es del 125 %.

RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de potreros con la inclusión de *Prosopis chilensis* como suplemento forrajero en la zona de la parroquia Calceta, del cantón Bolívar, provincia de Manabí. Esta especie arbórea representa una opción práctica para su establecimiento por su adaptabilidad a condiciones secas y cálidas.

Elaborar futuros estudios que valoren a una mayor cantidad de especies de algarrobo que puedan ser utilizadas como componente forrajero en las ganaderías del sector. A través de esta iniciativa se logrará incrementar la eficiencia de los suplementos nutricionales que se identifiquen.

Se recomienda diseñar futuros estudios de evaluación de la dinámica ruminal en bovinos para otras especies de algarrobo, incluyendo el análisis de hojas en la elaboración de harinas para el consumo animal.

Estructurar estudios de alternativas nutricionales en la crianza de bovinos con la finalidad de mejorar variables productivas como carne y leche. De esta manera se podrá estandarizar el uso de la haría de algarrobo como suplemento alimenticio con la generación de resultados beneficiosos para el sector ganadero.

Desarrollar nuevos programas nutricionales que mejoren el rendimiento de las ganaderías de la zona, incrementando la rentabilidad de las fincas ganaderas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, A. (1989). *Evaluación de dos Plantaciones de algarrobo (Prosopis pallida) con riego por goteo en las zonas áridas de los departamentos de Piura e Ica. Agrotecnología*, 277(2), 210-216.
- Alabarracín Hernández, W., Acosta, L. F., & Sánchez, I. C. (2010). *Elaboración de un producto cárnico escaldado utilizando como extensor harina de fríjol común (Phaseolus spp.)*. 264-271.
- Allen, M. (1997). *Journal of Dairy Science*. *Journal of Dairy Science*(80), 1447-1462.
- Alzate, L., Arteaga, D., & Jaramillo, Y. (2008). *Propiedades farmacológicas del Algarrobo (Hymenaea courbaril Linneaus) de interés para la industria de alimentos. Revista Lasallista de Investigación*, 5(2).
- Avellaneda, J. (12 de marzo de 2018). *Degradabilidad del algarrobo (Prosopis chilensis)*. (M. Alcívar, & A. Flores de Valgas, Entrevistadores)
- Aylen Capparelli. (13 de diciembre de 2008). *Scielo. Obtenido de Arqueobotánica y Etnobotánica: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0011-67932008000200001&lng=es&tlng=es*
- Barberán, M., & Zambrano, E. (2012). *Diseño e implementación de un sistema de riego por goteo con dosificador de fertilizantes en el área orgánica de la ESPAM-MFL. Calceta: ESPAM-MFL*.
- Botanical online*. (2018). *Obtenido de Triptófano: <http://www.botanical-online.com/Triptofano.htm>*

- Burghardt, A., Brizuela, M., Mom, M., Albán, L., & Palacios, R. (2010). Análisis numérico de las especies de *Prosopis* L.(Fabaceae) de las costas de Perú y Ecuador. *Revista Peruana de Biología*, 17(3), 317-324.
- Burkart, A. (1976). A monograph of the genus *Prosopis* (Leguminosae subfam. Mimosoideae). *Harvard University Herbaria*, 57 (4) 450-525.
- Capparelli, A. (2008). Caracterización cuantitativa de productos intermedios y residuos derivados de alimentos del Algarrobo (*Prosopis flexuosa* y *P. chilensis*, Fabaceae): aproximación experimental aplicada a restos arqueobotánicos desecados. *Darwiniana, nueva serie*, 46(2), 175-201.
- 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 dMaíz, 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.
- Cárdenas, F. (2003). Nutrición Animal en bovinos. *Pecuaria*, 23-24.
- Carrasco, F. (2013). *Administración de proyectos agropecuarios*. Quito: ESPE.
- CCM GROUP. (2015). Recuperado el 30 de Octubre de 2016, de Anabolismo: <http://salud.ccm.net/faq/7717-anabolismo-definicion>
- 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.

Conforme, G. (2014). Efecto del tratamiento a la semilla y aspersiones de insecticidas sobre *Dallbullus maiidiis* ((Homoptera:: Ciicadelliidae)) vector del complejo del “achaparramiento del maíz”. Tesis de Ingeniería Agrícola. Politécnicos, 23-24.

Conforme, G. (8 de marzo de 2017). El algarrobo como leguminosa existente en el valle del río Carrizal. (M. Alcívar, Entrevistador)

Cuichán, M., Salazar, D., Suárez, M., Villafuerte, W., Orbe, D., & Marquez, J. (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua 2014.

Díaz, C., Sánchez, D., & Prokopiuk, D. B. (2013). Avances en la determinación de la composición química y nutricional de las harinas de los frutos del *Prosopis alba*. *Chemicals Technology*, 4(1).

Estación Meteorológica ESPAM. (2016). Informe Meteorológico Anual. Calceta: ESPAM.

Evonik Nutrition & Care GmbH. (2018). Análisis nutricional de muestra de algarrobo. Essen: Evonik Nutrition & Care GmbH.

FAO. (2006). Composición nutricional del algarrobo. Santiago: FAO.

FAO. (2009). Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales. Manual para la recolección integrada de datos de campo. Roma. Pp. 168-175.: FAO.

- Ferraro, V., Piccirillo, C., Tomlins, K., & Pintado, M. (2016). Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and Yam (*Dioscorea spp.*) crops and their derived foodstuffs: safety, security and nutritional value. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(16), 2714-2727.
- Ferreira, R. (1987). *Estudio sistemático de los algarrobos de la costa norte del Perú (No. F70 F4-F)*. Lima: Instituto Nacional Forestal y de Fauna, Lima (Peru). Dirección de Investigación Forestal y de fauna.
- GAD cantonal de Bolívar. (2018). *Plan d Desarrollo Territorial del cantón Bolívar*. Calceta: GAD Bolívar.
- García, M., Vidal, A., Mandakovic, V., Maldonado, A., Peña, M., & Belmonte, E. (2014). Alimentos, tecnologías vegetales y paleoambiente en las aldeas formativas de la pampa del Tamarugal, Tarapacá (ca. 900 AC-BOO DC). *Estudios atacameños*, (47), 33-58.
- Iglesias, O., Rivas, R., García, P., Abril, A., Mateos, P., Martínez, E., & Velázquez, E. (2007). Genetic characterization of fast-growing rhizobia able to nodulate *Prosopis alba* in North Spain. *FEMS microbiology letters*, 277(2), 210-216.
- INEC. (2014). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. Quito: INEC-ESPAC.
- Intriago, H. (2013). *Suplementación del Algarrobo (*Prosopis juliflora*), y del Guasmo (*Guazuma ulmifolia*), en el engorde del ganado bovino de doble propósito (Master's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo)*. Riobamba: ESPOCH.
- Jorgensen, P., & Leon, S. (1999). *Catálogo de las plantas vasculares del Ecuador*. Missouri Botanical Garden, Vol. 75, pp. 633-668.
- Lentz, C., & Langhoff, F. (2018). Degradabilidad ruminal de granos de sorgo de diferentes genotipos y tamaños de molienda. *Semiárida*, 26(1).

- Mehrez, A. Z., & Orskov. (1977). *The use of a Dacron bag technique to determine rate of degradation of protein and energy in the rumen*. 88, 645-650.
- National Research Council. (1981). *Nutrient Requirements of Beef Cattle. Nutrient Requirements of Domestic Animals*. Washington D.C.: National Academy Press.
- Padilla, P. (Enero de 2009). *Obtenido de ecuador ecologico*:
http://www.ecuadorecologico.com.pe/flo_algarrobo_1.htm
- Peñaloza, A., San Martín, H., & Ara, G. (2002). *Valor nutricional de la algarroba (Prosopis pallida) en la alimentación del caballo*. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 13(1), 17-24.
- Pizzani, P., Matute, I., Martino, G., Arias, A., Godoy, S., Pereira, L., . . . 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.
- Prodan, M. (1997). *Mesura Forestal*. San José. Pp 35-38: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA)- Deutsche Gesellschaft für Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. .
- Rodríguez, E., & Méndez, J. (2017). *Utilización de la harina de algarrobo (prosopis pállida) en la alimentación de conejos en crecimiento, engorde//Use of algarrobo flour (prosopis*

pálida) in the feeding of rabbits in growth, fattening. Revista Ciencia UNEMI, 10(22), 105-110.

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.*

Sciammaro, L., Ferrero, C., & Puppo, C. (2015). *Addition of value to Prosopis alba fruit: study of chemical and nutritional properties for its application in sweet healthy snack formulations. Revista de la Facultad de Agronomía (La Plata), 114(1), 115-123.*