



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Agropecuaria

**PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN BOVINOS A
PARTIR DE ESTIMACIONES DEL APORTE
ENERGÉTICO DE ESPECIES FORRAJERAS**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Eddy Gabriel Meneses Figueroa

La Libertad. 2020



Universidad Estatal Península de Santa Elena
Facultad de Ciencias Agrarias
Carrera de Agropecuaria

**PRODUCCIÓN DE CARNE Y LECHE EN BOVINOS A
PARTIR DE ESTIMACIONES DEL APORTE
ENERGÉTICO DE ESPECIES FORRAJERAS**

TRABAJO DE TITULACIÓN
Previo a la obtención del título de:
INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Eddy Gabriel Meneses Figueroa

Tutor: Ing. Julio Cesar Villacrés Matías, M.Sc.

TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Néstor Acosta Lozano. Ph.D.
DECANO (E) DE LA FACULTAD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Ing. Ángel León Mejía. M.Sc.
DIRECTOR (E) DE CARRERA
AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Mvz. Debbie Chávez García.
PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Ing. Julio Villacrés Matías. M.Sc.
PROFESOR TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Abg. Víctor Coronel Ortiz, MSc.
SECRETARIO GENERAL (E)

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida, por permanecer a mi lado en cada momento, por darme la fuerza de seguir adelante y mantener a mi familia con salud, y la oportunidad de crecer como persona y profesional.

A mis señores padres, Edison Meneses, Cecilia Figueroa y hermanos por el apoyo durante esta etapa de mi vida.

A cada docente de la Facultad de Ciencias Agrarias por compartir de la mejor manera sus conocimientos científicos y técnicos durante todo el periodo de estudio, en especial al tutor de este Trabajo de Titulación el Ing. Julio Villacrés que con sus conocimientos se alcanzaron y lograron los objetivos del trabajo y en conjunto con la Ing. Araceli Solís quien brindó la oportunidad de participar en el proyecto.

A todos mis familiares, amigos y compañeros que estuvieron motivándome para culminar mis estudios.

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado principalmente a Dios y a mi familia, que con esfuerzo sobrehumano me brindaron todas las formas de apoyo para culminar mis estudios de la manera más responsable y dedicada.

A mis amigos y personas cercanas por compartir momentos maravillosos durante esta etapa de mi vida.

RESUMEN

Durante años, la provincia de Santa Elena realiza ganadería de manera ancestral, pero lo que producen los bovinos solo les sirve para cubrir las necesidades básicas en cierta época del año, ya que este tipo de producción no se puede ver como un negocio, si no como una actividad de subsistencia, en donde el principal problema de la producción ganadera de la provincia es la alimentación y el manejo incipiente de los animales que impide ganar peso para carne o producir más leche. La presente investigación planteó como objetivo predecir la producción diaria de carne y leche en bovinos a partir de estimaciones energéticas de especies forrajeras utilizando metodologías con fórmulas matemáticas citadas para calcular el valor energético de cada especie forrajera, que permite estimar la cantidad necesaria de forraje fresco de cada especie (kg) que se necesita para cubrir los requerimientos energéticos totales del animal. Se consideraron en el presente estudio para el consumo diario *Moringa oleífera* (Moringa) con 17.81 kg/día, *Leucaena leucocephala* (Leucaena) con 21.51 kg/día y *Caesalpinia glabatra* (Cascol) con 25.16 kg/día. La teoría señala que la mayoría de los principios nutritivos presentes en las pasturas se conjugan para transformarse en energía en el cuerpo del animal, y esta a su vez es aprovechada para el mantenimiento de las funciones vitales y para la producción. Los resultados obtenidos señalan que la cantidad de leche que produce un bovino al consumir 1 kg de forraje fresco de Moringa es 0.27 litros, Leucaena es 0.23 litros y Cascol es 0.19 litros. De igual forma la carga animal anual en una hectárea mostrada en el presente trabajo es estimada por medio de modelos matemáticos. En conclusión, los cálculos realizados presentan a la *Moringa oleífera* con 2.80 Mcal de Energía, como la especie que tiene el forraje, para producir mayores resultados en carne y de leche de acuerdo a las estimaciones energéticas.

Palabras clave: estimaciones energéticas, carga animal, especies forrajeras, bovinos

ABSTRAC

For years, the province of Santa Elena has carried out cattle raising in an ancestral way, but what the cattle produce only serves them to cover the basic necessities at a certain time of the year, since this type of production cannot be seen as a business, but as a subsistence activity, where the main problem of the cattle production of the province is the feeding and the incipient handling of the animals that prevents them from gaining weight for meat or producing more milk. The present investigation raised as objective to predict the daily production of meat and milk in bovines from energetic estimations of forage species using methodologies with quoted mathematical formulas to calculate the energetic value of each forage species, which allows estimating the necessary amount of fresh forage of each species (kg) that is needed to cover the total energetic requirements of the animal. *Moringa oleifera* (Moringa) with 17.81 kg/day, *Leucaena leucocephala* (Leucaena) with 21.51 kg/day and *Caesalpinia glabata* (Cascol) with 25.16 kg/day were considered in this study for daily consumption. The theory indicates that the majority of the present nutritious principles in the pastures are conjugated to transform itself into energy in the body of the animal, and this one in turn is taken advantage of for the maintenance of the vital functions and for the production. The obtained results indicate that the amount of milk that a bovine produces when consuming 1 kg of fresh forage of Moringa is 0.27 liters, Leucaena is 0.23 liters and Cascol is 0.19 liters. Likewise, the annual animal load in one hectare shown in this work is estimated by means of mathematical models. In conclusion, the calculations carried out present *Moringa oleifera* with 2.80 Mcal of Energy, as the species that has the forage, to produce greater results in meat and milk according to the energy estimates.

Key words: *energy estimates, animal load, forra species, cattle*

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Gabriel', is centered on the page. The signature is written in a cursive style with a large initial 'G' and a horizontal line underneath.

Gabriel Meneses Figueroa

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
Problema científico	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
Hipótesis.....	4
CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1. Requisitos nutricionales del ganado bovino.....	4
1.2. Vacas en lactancia	4
1.3. Ganado de carne crecimiento y engorde	5
1.4. Uso de los nutrientes consumidos de los alimentos en bovinos	5
1.5. Transformación de la energía de los alimentos.....	6
1.5.1. Requerimiento de mantención.....	7
1.5.2. Requerimiento de producción.....	7
1.6. Energía digestible	8
1.7. Energía metabolizable	8
1.8. Período de lactancia.....	9
1.9. Energía neta de lactancia	10
1.10.Capacidad de producción láctica en especies de gramíneas y leguminosas	10
1.11.Especies forrajeras y su especificidad en las dietas del ganado bovino	11
1.12.Análisis de los alimentos.....	12
1.13.Métodos de análisis de los alimentos.....	12
1.14.Análisis proximal	13
1.15.Características morfológicos y nutricionales de forrajes	13
1.15.1. <i>Moringa oleífera</i> (Moringa).....	13
1.15.2. <i>Caesalpinia glabatra</i> (Cascol).....	15
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS	17
2.1. Ubicación y descripción del lugar experimental.....	17
2.2. Materiales	17
2.3. Modelamiento matemático	18
2.4. Metodología	19
2.5. Variables experimentales.....	20

2.6. Análisis económico	21
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 400 kg para producir 1 kg de carne	22
3.2. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 400 kg para	
3.3. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche	24
3.4. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche.....	25
3.5. Carne producida por consumo de forraje (MS).....	26
3.6. Carne producida en FF por el consumo de forraje permitido	27
3.7. Leche producida en MS por el consumo de forraje permitido	27
3.8. Leche producida en FF por el consumo de forraje permitido.....	28
3.9. Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en MS	29
3.10.Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en FF	30
3.11.Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en MS	31
3.12 Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en FF.....	32
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 400 kg para ganar 1 kg de carne	21
Tabla 2. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 400 kg para producir 1 kg de carne.....	22
Tabla 3. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche.....	23
Tabla 4. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche.....	24
Tabla 5. Carne producida por consumo de forraje (MS).....	25
Tabla 6. Carne producida en FF por el consumo de forraje permitido.....	26
Tabla 7. Leche producida en MS por el consumo de forraje permitido	27
Tabla 8. Leche producida en FF por el consumo de forraje permitido	28
Tabla 9. Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en MS	29
Tabla 10. Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en FF	30
Tabla 11. Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en MS	31
Tabla 12. Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en FF.....	32

ÍNDICE DE ANEXOS

- Anexo 1.** Análisis bromatológico de cada especie forrajera.
- Anexo 2.** Valores energéticos calculados a partir de fórmulas matemáticas.
- Anexo 3.** Consumo total de materia seca y forraje fresco del animal y energía diaria total del bovino de carne y leche.
- Anexo 4.** Estimación del rendimiento anual en una hectárea de cada forraje a partir de una superficie en m².
- Anexo 5.** Carga animal anual calculada en una hectárea dependiendo del consumo de alimento.
- Anexo 6.** Datos del consumo diario máximo de moringa.
- Anexo 7.** Datos del consumo diario máximo de leucaena.
- Anexo 8.** Datos del consumo diario máximo de cascol.
- Anexo 9.** Metodología para calcular la cantidad de carne ganada al día por cada especie en MS.
- Anexo 10.** Metodología para calcular la cantidad de carne ganada al día por cada especie en FF.
- Anexo 11.** Metodología para calcular la cantidad de leche ganada al día por cada especie en MS.
- Anexo 12.** Metodología para calcular la cantidad de leche ganada al día por cada especie en FF.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cantidad de forraje en MS necesario en carne.

Figura 2. Cantidad de forraje en FF necesario en carne.

Figura 3. Cantidad de forraje en MS necesario en leche.

Figura 4. Cantidad de forraje en FF necesario en leche.

Figura 5. Carne producida en forraje en MS consumido.

Figura 6. Carne producida en forraje en FF consumido

Figura 7. Leche producida al consumir forraje en MS.

Figura 8. Leche producida al consumir forraje en FF.

Figura 9. Carga animal anual de cada forraje en MS de 1 ha.

Figura 10. Carga animal anual de cada forraje en FF de 1 ha.

Figura 11. Carga animal anual de cada forraje en MS de 1 ha.

Figura 12. Carga animal anual en cada forraje en FF de 1 ha

Figura 13. Superficie de la especie de *Moringa oleifera* (Moringa)

Figura 14. Superficie de la especie de *Leucaena leucocephala* (Leucaena)

Figura 15. Arbusto de *Caesalpinia glabatra* (Cascol)

Figura 16. Corte y pesaje de la *Moringa oleifera*

Figura 17. Corte y pesaje de la *Leucaena leucocephala*

Figura 18. Corte y pesaje de la *Caesalpinia glabatra*

INTRODUCCIÓN

La explotación de bovinos es una actividad que desde inicios de la vida humana se viene desarrollando de distintas maneras; el ser humano con respecto a alimentación, ha avanzado en tecnología, cultura, organización, forma de distribución, venta para la alimentación local y mundial. Los ganaderos e industrias ganaderas producen carne y leche anualmente llevando un registro de crecimiento o disminución de la producción (Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, 2017). Continuando con lo descrito por el Ministerio de Agricultura y Ganadería la producción mundial de leche del año 2017 en comparación con el año 2015 decreció el 1 %, mientras que en Europa y Oceanía el precio creció un 32 y 28 % respectivamente. La producción de carne de vaca y ternera fue de 61.4 millones de toneladas en el año 2017.

Con relación a los lácteos en Ecuador la producción de leche disminuyó en un 3 % en el año 2017 en comparación al año 2016, mientras que la importación creció en un 47 %. A nivel nacional la producción de carne de res a la canal en ese año fue de 155 mil toneladas, un incremento en producción del 2 %, En la provincia de Santa Elena la producción de leche y carne no presenta datos concretos, pero a la producción, sobre todo de leche es muy escasa, en la provincia este producto está determinado por la situación ambiental (Vargas *et al.*, 2015).

El precio mensual de leche en polvo del mes de septiembre del año 2017 en Europa fue de 3.783 USD/tn, a diferencia de Oceanía con 3.248 USD/tn. A nivel de Ecuador los precios de leche reflejan una mayor brecha entre el sector productor y mayorista ya que las bodegas comerciales como el Guayas, Carchi, Tungurahua, Imbabura, Azuay y Chimborazo incrementaron en un 3 % el precio en el 2017. El precio internacional de la carne congelada y sin hueso a nivel mundial fue de 4.22 USD/kg, mientras que a nivel nacional el precio del bovino en pie registro un 1 % de incremento a nivel de feria ganadera, mientras que en el camal el precio era de 3.12 USD/kg (Ministerio de Agricultura y Ganadería, MAG, 2017). La producción mundial de carne y leche se puede incrementar implementando tecnologías basadas en la alimentación y la cantidad que estos consumen con el uso de especies forrajeras que se dan en zonas

donde la producción de pasto no puede ser implementado. Utilizar otros tipos de especies vegetales como los forrajes (leguminosas) que contienen una alta calidad nutricional puede llegar a cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, además de aumentar la producción de carne y leche, especialmente los que se encuentran en zonas tropicales, cuya producción es inferior a la producción de los animales de clima templado, debido principalmente al contenido de proteínas y energía digestible que poseen los pastos que los animales consumen (Mieres, 2005).

Para optimizar los recursos en la alimentación de los animales existen métodos que permiten predecir la producción, sea de carne o de leche a través de cálculos matemáticos. Una forma son las estimaciones en la producción de carne y leche en bovinos a partir de predicciones del aporte energético de especies forrajeras, las que se basan específicamente en la energía que los forrajes presentan y su aporte a los bovinos al consumirlas. La bromatología de los forrajes y datos del animal permiten calcular la cantidad de carne y leche que puede producir al día un bovino si se alimenta con una especie forrajera específica (Castellaro, 2007).

Para que el animal llegue a producir 1 kg de carne necesita de energía, lo que significa que el desgaste energético del animal afecta gravemente la producción de carne o de leche más aún en un sistema de pastoreo en el que un animal puede perder hasta 12.48 Mcal/día (Jarquin, 2015). En otras zonas donde existe época de sequía, sumado un pasto de baja calidad, la pérdida energética llega hasta 15.75 Mcal /día, lo que muestra que todo el alimento consumido se gasta mayormente en la energía basal.

También mediante ensayos de digestibilidad se puede determinar el contenido energético de cada uno de los ingredientes de una dieta, pero son muy costosos y laboriosos, (Sánchez, 2008). Por lo que con datos obtenidos en laboratorio y una exhaustiva revisión bibliográfica, se puede emplear la metodología que utiliza técnicas químicas y modelos matemáticos para estimar valores energéticos de las dietas como una alternativa económica y ágil de realizar. Solo conociendo la bromatología del alimento se puede calcular la energía metabolizable cuando se utiliza las ecuaciones apropiadas (Sánchez, 2008).

En este proyecto se someten las especies forrajeras a fórmulas energéticas con la finalidad de estimar la calidad nutricional y la producción de carne y leche que cierta cantidad de alimento puede proporcionarle diariamente al animal, así como también la carga animal en una hectárea de cada especie de forraje. Se propone la estimación de la producción de carne y leche de manera eficiente, progresiva y sostenible en el tiempo utilizando técnicas de alimentación, tecnologías basadas en la estimación de carne y leche a partir de la bromatología de materias primas ubicadas en la zona de estudio y optimizando el uso de los recursos existentes en los predios de cada ganadero.

Problema científico

¿Permitirán las estimaciones energéticas, elegir la especie forrajera más productiva al momento de implementar bancos de proteínas para el mejoramiento de la alimentación de bovinos en la provincia de Santa Elena?

Objetivo general

- Determinar la producción diaria de carne y leche en bovinos a partir de estimaciones energéticas de especies forrajeras.

Objetivos específicos

- Calcular la cantidad de biomasa por ha de cada especie forrajera
- Estimar el aporte energético de las especies forrajeras en estudio.
- Predecir el aporte productivo de la inclusión de las distintas especies forrajeras en la ganadería bovina, tanto de leche como de carne.

Hipótesis

Las estimaciones energéticas son un mecanismo adecuado para predecir y determinar que especie forrajera produce más carne y leche en bovinos.

CAPÍTULO I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Requisitos nutricionales del ganado bovino

Las características fisiológicas junto a la genética y el ambiente en donde habita el ganado son base para considerar los requerimientos nutricionales de manera efectiva, además de la estimación de las necesidades por medio de tablas establecidas. El nivel de producción de leche durante la lactancia, la etapa cuando se reproduce, la conformidad y la condición corporal son la base para concretar los requerimientos de nutrientes en una vaca adulta (Obregón, 2013).

Varios estudios demuestran que incluir (una relación 90 – 10 % Concentrado – forraje) especies forrajeras de buena calidad nutricional en la alimentación del ganado bovino es viable y eficiente, el comportamiento productivo mejora en condiciones de ganancia y eficiencia, además, depende del costo, de la calidad nutritiva (contenido de FDN) y la medida de incluirlo en una dieta, en definitiva, si se utiliza una especie forrajera como el heno de alfalfa que contiene un 40 % de FDN, se puede incluir un 15 % en la alimentación del ganado para cumplir con el rango mínimo de FDN que es 6 % ya que se conoce que el rango de aporte de los forrajes en FDN va de 6 a 9 %, si utilizáramos un forraje de 58 % de FDN bastaría con incluir un 10 % a la alimentación del ganado para cubrir con el requerimiento mínimo de FDN (Mendoza, 2016).

1.2. Vacas en lactancia

Según Ortega *et al.*, (2010) los requisitos energéticos de una vaca en lactancia se ubican en las tablas de la NRC (National Reserch Council) del año 2001, se tomó como referencia una vaca en período lactancia de 500 kg de peso vivo, el cual necesita 14.20 Mcal/día de energía metabolizable (Em), esta vaca consume al día 10.3 kg de materia seca (MS) para producir 6 kg de leche/día.

Obregón (2013) demuestra en un ejemplo que si una vaca de 500 kg de peso vivo consume 15 kg de MS/día llega a producir 16 kg de leche/día, a diferencia de una vaca

de 600 kg de peso vivo alimentada con la misma cantidad de MS, pero produciendo solo 4 kg de leche/día en efecto por cada 100 kg de PV el animal necesita 1.5 kg de MS más para llegar a producir más leche al día, es decir, se toma en cuenta al animal en sí, los períodos de lactancia de la vaca, el ambiente en donde se ubica y la calidad del forraje.

1.3. Ganado de carne crecimiento y engorde

Utilizando los datos de las tablas modificadas de la NRC (National Research Council) del año 2001 se aprecia que un ejemplar de 400 kg necesita 6.23 Mcal/día de energía neta de mantenimiento (ENm) para poder cumplir con todas las funciones vitales y mantenerse vivo (Ortega *et al.*, 2010). La ganancia de peso considerada a 1 kg/día requiere de 4.57 Mcal/día de energía neta de ganancia (ENg), es decir, el animal necesitaría para ganar peso y mantenerse vivo una energía total de 11.46 Mcal/día (Obregón, 2013).

1.4. Uso de los nutrientes consumidos de los alimentos en bovinos

Los requerimientos de energía en los bovinos están determinados por dos factores que son, el animal como tal y el ambiente en donde se desarrolla su crecimiento, es decir, con respecto al animal en ganado de carne y leche se basa principalmente en el peso, etapa de producción, tasa de crecimiento y lactancia (Ramírez, 2013). El bovino al poseer un sistema digestivo poligástrico cumple una función específica cada cavidad de su sistema digestivo. Para que un bovino adquiera todos los nutrientes necesita consumir; carbohidratos, proteínas y grasa que al digerirlos el estómago utiliza la energía proveniente del alimento para mantenerse vivo, ganar peso o producir leche y lo que no logra digerir se expulsa por medio de las heces y gases conocidos como ácidos grasos volátiles (AGV) (Maiztegui, 2001).

Los carbohidratos son la mayor fuente de energía, estos son necesarios para incentivar la rumia, aumenta la saliva hacia el rumen y estimula las contracciones del rumen. Las proteínas consumidas son fáciles de digerir o fermentar en el rumen donde esta

actividad metabólica es totalmente independiente de la cantidad de proteínas consumidas (Lanuza, 2006), Como se conoce los lípidos o grasas son insaturadas en cualquier estómago animal, pero en el rumen son hidrolizados por ciertas bacterias que producen ácidos grasos libres y glicerol que luego se transformaran en propionato. Los requerimientos nutricionales son determinadas por el conjunto de sustancias químicas (agua, energía, proteína, minerales y vitaminas obtenidas de los alimentos que consumen) que cada especie animal requiere para cumplir con sus necesidades básicas y mantener su equilibrio en el medio ambiente (Anzures *et al.*, 2015).

Los requerimientos nutricionales se los conoce como la demanda diaria que está determinada por una serie de factores como: peso, raza, edad, nivel de producción y clima (Lanuza, 2006).

1.5. Transformación de la energía de los alimentos

El proceso de degradación de los alimentos que un bovino consume, empiezan por el rumen, donde se realiza la degradación ruminal de la energía bruta (Eb) y que dentro del tracto digestivo se obtiene como producto final la energía metabolizable (Em) (Slanac *et al.*, 2013). Existen dos tipos de requerimientos nutricionales que son: el requerimiento de mantención y el requerimiento de producción.

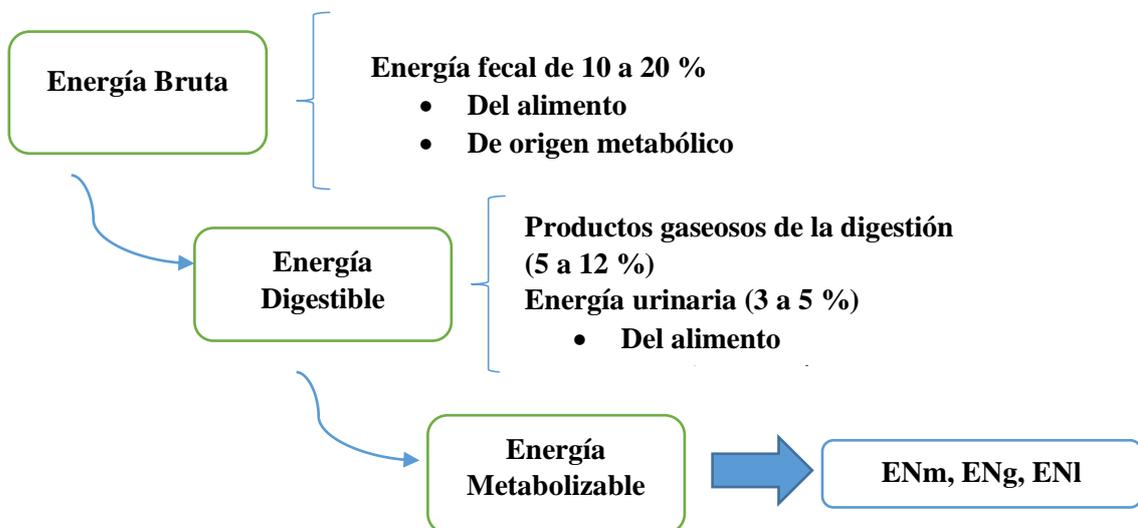


Figura 1. Esquema de transformación de la energía de los alimentos (NRC, 2000).

1.5.1. Requerimiento de mantención

Según García (2008), los requerimientos de mantención son las necesidades nutritivas que tienen el fin de mantener el funcionamiento de los procesos vitales de manera normal independientemente de la función productiva del animal. Es decir, permite mantener vivo al individuo y cumplir las funciones de respiración, circulación, mantención del tono muscular, estos funcionamientos demandan un desgaste de energía. Al hablar de desgaste energético Obregón (2013) relata que la alta tasa de bocados durante el pastoreo es el principal factor que desgasta hasta un 15 % energía en el animal, ya que los animales realizan la rumia durante 7 horas y en comparación con el desgaste de energía al caminar menciona que no pasa del 5 % de energía perdida.

La **Em** cuando el animal se encuentra estabulado es igual a:

$$\mathbf{Em} = \mathbf{0.08 \times Pv^{0.75}}$$

Cuando el animal excede el 10 % de movilidad, provoca un requerimiento de energía para mayor con respecto al mantenimiento del animal, es decir, para determinar la energía de mantenimiento de un animal que no se mantiene estabulado, sino que demanda energía al caminar se emplea la siguiente fórmula determinada por (García, 2008) la cual toma en cuenta la energía metabolizable del alimento.

$$\mathbf{ENm \text{ (Mcal/Kg MS)} = -1.12 + 1.37 EM - 0.138 EM^2 + 0.0105 EM^3}$$

1.5.2. Requerimiento de producción

Una vez que el animal haya logrado cumplir con la demanda de mantención, la energía y todos los nutrientes consumidos son canalizados a satisfacer las necesidades de producción. El ganado al momento de absorber y digerir la energía de los alimentos genera diversas pérdidas antes de ser utilizadas para el crecimiento, producción de leche y carne en el animal, esto quiere decir que la energía neta es menor que la energía ingerida (Lanuza, 2006).

El ganado bovino puede consumir varios tipos de alimentos sean de calidad o no como la paja, pero en las dietas de los bovinos lo que limita su efectividad es la energía que estos aportan y la capacidad del animal para extraerla. La energía contenida en el alimento se aloja en las proteínas, grasa y carbohidratos que este contenga y es esta la que determina los requerimientos nutricionales del animal aportando considerablemente a la condición corporal (Gimenez, 2008).

1.6. Energía digestible

Se determina como la energía que el ganado digiere en los alimentos que consume; y las cantidades que no logra digerir, son excretadas por medio de las heces (Sotelo *et al.*, 2016). Para determinar la energía digestible de cualquier especie forrajera, se debe calcular o estimar la energía bruta teniendo en cuenta los porcentajes de nutrientes con su respectiva pérdida de energía por las heces, esto se lo realiza por medio del análisis bromatológico (García, 2008).

La fórmula para determinar la energía digestible (ED) de un alimento se basa en valores de nutrientes digestibles totales (NDT).

$$\text{ED (Mcal/Kg MS)} = 0.04409 * \text{NDT (\% MS)}$$

1.7. Energía metabolizable

Es la energía que proviene de la energía bruta menos la energía perdida en las heces y la orina, esta se puede calcular mediante pruebas de digestibilidad *in vivo*, tenemos la regresión lineal y mediante una fórmula de predicción siendo $Em = 0.0157 * DMO$ donde DMO es representada como los gramos de materia orgánica que el animal consume en kg de MS (Rojas y Schroeder, 2017). La Em puede ser estimada a partir de la ED puesto que en rumiantes la Em se representa como el 80 a 82 % de la ED (García, 2008).

$$\text{Em} = \text{ED} * 0.82$$

1.8. Período de lactancia

El 90 % de las vacas pasan por un balance energético negativo durante el primer trimestre de lactación según Obregón (2013), es por ello que se han realizado estudios por medio de modelos matemáticos que determinan una curva de lactancia, durante el período de lactancia existe la movilización de reservas corporales obligatoriamente (Palacios *et al.*, 2016). Por una parte, aumenta la producción de leche que sucede en la 5^{ta} y 8^{va} semana posparto donde se llega al pico de producción, pero también provoca ciertos desbalances metabólicos como la cetosis y un retraso en los ciclos estrales (Obregón, 2013).

Muchas investigaciones que miden la producción de leche a base de diseños experimentales durante el periodo de lactancia utilizan modelos matemáticos como Batra, Wood, Groosman y Koops. En una producción intensiva ubicada en zonas templadas los modelos matemáticos mencionados anteriormente han servido eficazmente, pero si se trata de zonas templadas Vargas *et al.*, (2015) recomienda el modelo de Wood.

Si se realizan mejores prácticas de alimentación y el ambiente donde se ubica el animal son adecuados aumentaría considerablemente la producción de leche, aunque no disminuye o retiene los problemas de cetosis, es por ese motivo que conocer el potencial genético de la vaca es un factor determinante en la producción de leche también (Palacios *et al.*, 2016). Por cada kg incrementado en la producción diaria durante el pico la producción total aumenta en 250 kg, las vacas secas deben ser alimentadas por medio de una dieta con alto contenido energético, para que los microorganismos ruminales se adapten a los cambios de alimentación gradualmente, evitando dificultades en el parto como acetonemia, hipocalcemia, desplazamiento abomasal, mastitis y retención de placenta (Obregón, 2013).

1.9. Energía neta de lactancia

Salazar (2009), demuestra que la energía neta de lactancia está representada como la energía presente en la leche, del cual esta contiene grasa, proteína y lactosa. El calor de la combustión de la grasa es 9.29 Mcal/kg. 5.71 Mcal/kg de proteína y 3.95 Mcal/kg de lactosa en la leche.

Para determinar el valor de la energía neta de lactancia se debe tener en cuenta según la National Research Council los porcentajes de grasa que posean. Las vacas en período de lactancia cuando se alimentan aprovechan bien lo que consumen y los transforman en energía metabolizable (Em) como reservas corporales en un 75 % y estas son aprovechadas en leche hasta 84 %, es por eso que la ecuación para determinar la energía neta de lactancia (ENL) parte de los NDT que es utilizado por América como medida energética (García, 2008).

$$\text{ENL (Mcal/Kg.)} = (0.0245 \text{ NDT}) - 0.12$$

Tanto de mantenimiento como de lactancia tienen un valor nutricional importante, si se trata de vacas lecheras se debe tomar en cuenta cuales son las necesidades. El consumo de materia seca (CMS), días de lactancia y producción son las variables a destacar (Maiztegui, 2001).

1.10. Capacidad de producción láctica en especies de gramíneas y leguminosas

Si el hato ganadero se encuentra ubicado en zonas áridas donde la producción de pasturas es complicada, existen otras alternativas de alimentación del ganado bovino, estos son los bancos forrajeros los cuales ofrecen no solo la parte alimenticia como las hojas y los frutos que pueden aportar nutrientes en MS cuando se consumen, sino también sombra que reduce el estrés calórico en los animales que afectan el consumo diario de alimento, temperaturas mayores a 26 °C trae como consecuencia una disminución considerable de hasta el 75 % de producción láctica al día (Viera *et al.*, 2016).

La importancia de incluir especies forrajeras en la alimentación bovina es clave para producir mayor cantidad de leche y más aún si además se tienen pasturas, Milera (2006) enfatiza que en una investigación realizada por Lamela y Matías en 1989 se llegó a producir 9 litros de leche/día por el periodo de 12 meses utilizando una especie de gramínea (*P. maximum cv. Likoni*) y dos especies de leguminosas (*Leucaena* y *neonotonia*) sin proporcionarles riego, usando solo la especie de gramínea sin riego y sin suplementos en el animal se consiguió producir 6.6 litros de leche al día en una vaca.

1.11. Especies forrajeras y su especificidad en las dietas del ganado bovino

En la mayoría de los sistemas de producción del trópico utilizan pasturas que manifiestan un gran rendimiento en biomasa para alimentar a sus animales, aunque por problema de lluvias no llegan muchas veces a completar la capacidad máxima nutricional de la especie. Se sabe que pasturas con poca cantidad de nutrientes perjudica el comportamiento productivo de los animales (Rojas y Schroeder, 2017).

Cuando los animales consumen forrajes de clima tropical los niveles de producción son inferiores a los de animales que consumen forrajes de clima templado, esto se da porque las especies son mejoradas o se presenta un consumo bajo de proteínas y nutrientes mientras se pastorea, es decir, la cantidad de nutrientes que un animal requiere dependerá de factores como edad, sexo, peso y en especial el ambiente donde se encuentre (Gadberry, 2011).

En zonas con clima templado es tradicional alimentar al ganado con pradera naturalmente, considerado el menor gasto en alimentación animal. Con el tiempo la forma de alimentar al ganado ha ido cambiando, debido a las deficiencias nutricionales que los pastos presentan, además de que la producción ganadera se puede realizar en varias zonas climáticas, entonces, para alimentar al ganado por lo general se utiliza una especie forrajera base en la mayoría de casos gramínea, suplementos y subproductos industriales o concentrados que tienen como objetivo aportar los

nutrientes deficientes del pasto y que el animal necesita es por eso que el uso de leguminosas puede cubrir la demanda energética y nutricional del bovino y si la calidad de este forraje es mejor el uso de concentrados se limita y por ende el costo de la alimentación es menor (Zolezzi, 2017).

1.12. Análisis de los alimentos

Se conoce que los alimentos son considerados como compuestos dinámicos, por ende, se estudia la composición de sus componentes que provocan ciertos procesos, además de sus propiedades organolépticas y su capacidad de descomposición en función de su estructura química. Si se utiliza varios métodos de evaluación se pueden caracterizar y agrupar a los alimentos en función de lo que se desea conseguir de ellos (Fernández, 2004).

La calidad nutricional de un forraje depende mucho de su fisiología, morfología variedad, especie, madurez, clima, suelo, manejo agronómico y sobre todo el tiempo de corte el cual particularmente influye de manera significativa la composición nutricional de la especie forrajera o pasto, un forraje de mayor edad disminuye el contenido de proteína y eleva su contenido de lignina, celulosa y de fibra detergente ácido (FDA) y fibra detergente neutro (FDN) disminuyendo también la digestibilidad (Vivas *et al.*, 2019).

1.13. Métodos de análisis de los alimentos

Para determinar el contenido de energía que contienen los alimentos para bovinos se realizan ensayos de digestibilidad costosos y laboriosos ya que se realizaría en cada materia prima de la dieta. Existen métodos alternativos para estimar el contenido de energía de los alimentos y por ende la producción de carne y leche del animal específicamente además de ser más baratos y ágiles de usar, por ejemplo, la combinación de técnicas químicas y modelos matemáticos pueden estimar dichos valores como la energía digestible y a partir de esta se pueden calcular utilizando ecuaciones apropiadas todas las formas de energías que determinan producción. El uso

de leyes de la física para fusionar dos metodologías clásicas usadas en el análisis de los alimentos que son: la FDN y la ENL, la interacción que existe entre la FDN y las áreas superficiales de la lignina calculadas a partir de sus masas permiten determinar el coeficiente de digestibilidad de la pared celular. Es gracias a estas aclaraciones o descubrimientos que se pudo desarrollar una ecuación con la capacidad de estimar el contenido energético tanto de forrajes y de otras especies alimenticias como granos y subproductos agroindustriales, además se comprueba que la ecuación posee un error similar a los ensayos de digestibilidad in vivo (Mieres, 2005).

1.14. Análisis proximal

El análisis proximal fue propuesto por Weende en 1883 Anrique (2014) definido como la determinación del porcentaje de humedad, grasa, fibra, cenizas, carbohidratos solubles y proteína en los alimentos. Tomando en cuenta que el método analítico utilizado debe ser apropiado para realizar un análisis químico de matrices alimentarias (Saavedra, 2018).

Según Tarsicio (2018) el procedimiento industrial o científico de realizar un análisis proximal es el siguiente: se utiliza 1 kg de muestra de la materia prima a estudiar, y utilizando métodos conforme a las normas mexicanas de 1978-2001 y NRC, 2001, se llegan a determinar los contenidos nutricionales de un alimento en particular y con los datos obtenidos calcular el % ELN y la NDT estimada por (García, 2008).

$$\% \text{ ELN} = 100 - (\% \text{ humedad} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ grasa} + \% \text{ proteína} + \% \text{ fibra cruda})$$

$$\text{NDT (\% MS)} = 81.86 \% - 0.857 (\text{FAD \% MS})$$

1.15. Características morfológicos y nutricionales de forrajes

1.15.1. *Moringa oleífera* (Moringa)

La moringa es un cultivo originario de la India, puede propagarse por semillas o material vegetal y es gracias a que se da en zonas áridas y semiáridas, se adapta muy

bien en suelos pobres y soportan los períodos de sequía se ha convertido en un cultivo fundamental en la nutrición y medicina en todo el mundo, hoy en día la moringa es utilizada para la alimentación del ganado cuando la hoja está deshidratada proporcionando al animal grandes cantidades de nutrientes (Díaz *et al.*, 2019).

Análisis bromatológicos de la moringa hechos anteriormente, han determinado el valor nutricional y múltiples usos alimenticios derivados de las hojas, vainas y semillas el cual contienen macro y micronutrientes que determinan a la moringa como una fuente de energía y un alimento rico en vitamina C, grasas, potasio, carotenos, calcio, proteínas, entre otros, Este concepto se respalda en estudios hechos en diferentes localidades que obtienen los mismos análisis, solo con variaciones en algunas variables (Fernández, 2004), Las hojas poseen características nutritivas que favorece a todo el que las utiliza, al tener 27 % de proteína y cantidades considerables de calcio, hierro y fósforo, además posee vitamina A y C (Olson, 2011).

Díaz *et al.*, (2019) hace mención con respecto a un análisis bromatológico de las hojas deshidratadas de moringa las cuales presentaron valores de fibra cruda FC (9.5 g/100 g), extracto etéreo EE (5.7 g/100g) y proteína cruda PC (26.9 g/100g).

Fernández (2004), plantea que en el análisis proximal realizado en (valores de 100 g) las diversas partes de la planta como las semillas, hojas y vainas, contienen valores altos de nutrientes principalmente la proteína que posee valores superiores al 25 %, mientras que la grasa contiene 27.2 %, carbohidratos que aportan energía de 207 Kcal, minerales como el hierro con 54 mg, calcio de 6.2 mg y potasio con 27.5 mg, la vitamina C contiene 1.9 mg y carotenos de 343.6 ug como β o betacaroteno.

En bancos forrajeros la moringa después de 8 meses posterior a la siembra se realiza un primer corte a una altura no mayor a 40cm, una vez ya rebrotado y establecido el pasto los próximos cortes se realizan entre los 50 a 90 días a una altura de 50cm dependiendo de la zona y del fin del material, se obtienen de 1 a 1.2 kg de forraje verde/planta con plantas que rebrotan a los 55 días aunque los que rebrotan a los 90 días se puede obtener hasta 2 kg de forraje verde/planta, entonces, dependiendo del

animal y el fin productivo de este el corte se empleara en el tiempo establecido (Solarte, 2015).

1.15.2. *Caesalpinia glabatra* (Cascol)

Especie de la familia de las leguminosas, originaria de Ecuador, localizada en zonas que van de los 0 a 500 msnm, por lo general se encuentra ubicada en bosques secos. Es una especie de lento crecimiento, de 3 a 6 metros de altura con tronco leñoso y manchas blancas en él, es utilizado como leña, postes o cercado, el follaje es usado para alimentar al ganado y en otras zonas del mundo especies de esta variedad vegetal son estudiadas y utilizadas para la medicina, pero al no tener estudios de esta variedad de *Caesalpinia glabatra* no se tiene una amplia variedad de usos, aunque se menciona que esta especie podría ser un potencial de estudio en cuanto a nutrición y medicina (Romero, 2016). El rendimiento promedio de esta especie forrajera oscila entre los 30 a 50 kg/planta, con ciertas excepciones (González, 2018).

1.15.3. *Leucaena leucocephala* (Leucaena)

Es una especie de leguminosa ubicada y originaria de América tropical, pero se encuentra en países como Guatemala y Nicaragua, se desarrolla muy bien en zonas adversas para otros cultivos comerciales, y crece en una variedad muy amplia de suelos con pH de 6.5 a 7.5 y con bajas precipitaciones al año (Soto *et al.*, 2006). Llega a medir hasta 6 m de altura, forma una copa redondeada y hojas de hasta 25m de largo puede una planta tener hasta 108 flores por cabezuela, el mismo Soto menciona en su trabajo de investigación que la Leucaena asociada a ciertas especies vegetales puede ser afectada fisiológicamente por plagas y enfermedades y otras especies la benefician, y con respecto a su crecimiento llega hasta 1.5 metros de altura a los 6 meses de ser implementada al terreno.

Posee múltiples usos en la industria como combustible, artesanal, en aceites, construcción, medicinal y para alimentación de ganado ya sea utilizando la hoja, el vástago, semilla o fruto (Zárate, 1987).

Sánchez (2008) indica que su uso en la alimentación del ganado bovino es muy común, solamente con ciertas precauciones por su contenido mimosina (aminoácido tóxico) que puede causar intoxicación en los animales al consumirlo en una cantidad no apropiada o excede el 30 % en base seca.

Especies	Composición Química (%)			Degradación (%)	
	PC	FDN	FDA	MS	PC
<i>L. collinsi</i>	29.8	43.7	29.4	72.3	77.8
<i>L. lanceolata</i>	22.3	40	27.3	69.6	51.5
<i>L. macrophyllanelsonii</i>	24.9	43.7	31.2	61.2	37.3
<i>L. pallida</i>	23.7	37.4	26.6	58.4	26
<i>L. leucocephala</i>	25.6	31.7	21.9	80.3	52.2
<i>L. leucocephala glabrata</i>	21.1	35.2	22.7	74.6	46.7
<i>L. esculenta paniculta</i>	24.5	36.8	24.9	68.9	37

Fuente: Cruz (1999)

PC = Proteína Cruda, FDN = Fibra detergente neutra, FDA = Fibra detergente ácido, MS =Materia seca

Para alimentar al ganado bovino se utilizan las hojas, semillas, vástago y fruto porque es rica en calcio, potasio y vitaminas además por su alto contenido de proteínas que va de 20 a 27 % con 4 a 23 % de FF, contiene de 5 a 30 % de MS y hasta un 70 % de digestibilidad (Zárate, 1987).

González (2018) menciona que el rendimiento por hectárea de *Leucaena* va de 10 hasta 16 toneladas, el corte se debe realizar luego de 6 meses de haber sido establecido y posterior a ese tiempo en un periodo de 50 a 70 días dependiendo de la zona en donde se encuentra la especie, y la altura de corte por lo general es de 50 a 80 cm de altura.

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación y descripción del lugar experimental

Para este estudio se monitorio plantas ya establecidas de las especies forrajeras en estudio. El primer grupo de plantas se encuentra ubicado en el Centro de Apoyo Manglaralto de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, zona con latitud -2.2326 y una altitud de -80.8757 presenta temperaturas aproximadas a 25 °C con precipitaciones anuales no mayores a 100 mm y humedad relativa de 80 %. El Centro de Apoyo dispone de un lote experimental de plantas de *Moringa oleífera* y *Leucaena leucocephala*, los cuales fueron monitoreados durante el experimento.

El árbol de *Caesalpinia glabatra* en cuanto a las investigaciones y manejo técnico del experimento se lo realizó en las instalaciones del campus de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



2.2. Materiales

Materiales y equipos

- Hoja de cálculo en Excel
- Fórmulas de estimación energética
- Análisis Bromatológico de cada especie forrajera
- Balanza
- Metro
- Machete
- Libro de campo

Material biológico

- *P. Moringa oleífera* (Moringa)
- *P. Caesalpinia glabatra* (Cascol)
- *P. Leucaena leucocephala* (Leucaena)

2.3. Modelamiento matemático

Las estimaciones energéticas se basan en la determinación de la energía que el bovino necesita para mantenerse vivo, ganar peso o producir leche, estas estimaciones se realizan por medio de fórmulas y ecuaciones matemáticas en una hoja de Excel.

Primero se identifican las especies a estudiar (Moringa, Cascol y Leucaena) y se envía a un laboratorio donde identifican los valores nutricionales como proteína, fibra, extracto etéreo, humedad y ceniza, estos valores son utilizados para establecer la energía que contienen estos pastos y el aporte que hacen al animal al consumirlas, las cuales son ELN (extracto libre de nitrógeno), NDT (nutrientes digestibles totales), ED (energía digestible), Em (energía metabolizable), ENm (energía neta de mantenimiento) ENg (energía neta de ganancia) y la ENL (energía neta de lactancia), el cual las fórmulas utilizadas para calcular cada valor energético provienen de la NRC (National Reserch Council, US), según la edad se conoce la ganancia de peso, el consumo de alimento en kg que puede realizar el bovino y la energía en Mcal/kg que necesita al día.

Para calcular la cantidad de carne que puede producir 1 kg de moringa, Leucaena o cascol se necesita la Em o ENg para ganado de carne y Em o ENL para ganado de leche, valores en Mcal/kg del pasto, determinados a partir de los NDT, si calculamos la Em conocemos la energía total que provee el pasto, entonces:

Un kg de la especie forrajera se multiplica por el valor de la Energía total requerida del bovino compuesta por la suma de la Em y la ENg del animal, datos establecidos por la edad y el fin productivo del animal, el valor obtenido de la multiplicación es dividido para la energía total que provee el pasto, obteniendo la cantidad en kg que debe consumir el bovino para alcanzar la energía requerida, mantenerse vivo y para producir en este caso 1 kg de carne al día.

El mismo procedimiento se realiza para estimar la producción de leche al día, además de calcular la cantidad en kg de pasto ya sea en FF o MS dependiendo de la Em que

utilicemos en el cálculo, se conoce que el animal solo puede consumir un porcentaje permitido dependiente de cada especie de leguminosa, es decir, los valores obtenidos en kg de cada especie forrajera no deben sobrepasar el porcentaje máximo de consumo y es a partir de estos valores reales en kg que podemos finalmente calcular la energía que provee el pasto y la carga animal que posee cada pasto en una ha.

2.4. Metodología

Primero se identificaron árboles de Moringa, Leucaena, y cascol, que permitieron estudiar la capacidad de crecimiento del rebrote, para con esto estimar la cantidad de kilogramos que se pueden generar al año (biomasa/ha). Se defoliaron estos árboles según el manejo agronómico propuesto para cada especie, se pesó en kilos y se midió los días necesarios para su siguiente corte.

Se tomó una muestra de 1 kilo de cada especie forrajera y se envió a un laboratorio para la realización del análisis proximal de los alimentos. Con los análisis de laboratorio se procedió a utilizar fórmulas de estimaciones energéticas antes mencionadas para calcular la cantidad de energía que cada especie produce en el interior del animal, empezando por la base energética que permite calcular las demás energías que contienen cada forraje $NDT(\%MS) = 92.464 - 3.338 * \%FC - 6.945 * \%EE - 0.762 * \%ELN + 1.115 * \%Pt + 0.031 * \%FC^2 + 0.133 * \%EE^2 + 0.036 * \%FC * \%ELN + 0.20 * \%EE * \%ELN + 0.1 * \%EE * \%Pt - 0.022 * \%EE^2 * \%Pt$ (Mc Dowell, J. Conrad, J. Thomas y L. Harris, 1974) son los nutrientes digestibles totales que posee el forraje específicamente para usar en bovinos.

Es a partir de los NDT para poligástricos que es posible calcular la energía digestible $ED (Mcal/Kg MS) = 0.04409 * NDT (\% MS)$ de la cual una vez tengamos el valor de ED parte de esta la energía metabolizable $Em = ED * 0.82$ para materia seca y en forraje fresco solo se usa el 23% del mismo (García, 2008), en este trabajo se usó la Em para determinar la producción cárnica y láctica de bovinos de la provincia de Santa Elena.

Con fórmulas matemáticas mencionadas anteriormente se calculó la cantidad de carne y leche que produce la inclusión de 1 kg de Leucaena, Moringa o cascol en la dieta de los bovinos, por medio de reglas de tres utilizando los valores de Em del forraje y la Em del bovino se estimó la cantidad de forraje necesario para suplir los requerimientos nutricionales del bovino (100 % leguminosa). Culminando con la estimación de la carga animal que pudiera soportar una hectárea de Cascol, Moringa o Leucaena respectivamente tanto en forraje fresco como en materia seca determinada por la división del forraje disponible al año con el consumo anual de alimento de una unidad animal.

2.5. Variables experimentales

- **Estimación de cantidad necesaria de forraje para bovinos de carne y leche en MS.**

Se calculó por medio de fórmulas matemáticas el peso diario que gana el animal cuando consume 1 kg de alguna de las especies mencionadas, teniendo en cuenta que el animal puede consumir una cantidad específica de forraje, entonces, se estima que cantidad de forraje necesita para cubrir las necesidades energéticas diarias del animal, cuanto produce al consumir esta cantidad y asegurarse de no sobrepasar el nivel de consumo de cada especie forrajera todo esto en MS.

- **Estimación de cantidad necesaria de forraje para bovinos de carne y leche en FF.**

Se realiza el mismo procedimiento al estimar la cantidad de forraje necesario que debe consumir el animal para producir carne y leche al día solamente que se toma en cuenta los valores presentes en la materia fresca o forraje fresco.

- **Cálculo de producción esperada de carne y leche de las especies forrajeras en MS.**

Dependiendo de la raza y el propósito productivo del animal se establece por medio de estudios la energía que necesita al día para mantenerse vivo y para producir carne y leche, tomamos en cuenta la energía que posee la especie forrajera y por medio de ecuaciones matemáticas realizadas en Excel se estima la cantidad de

carne y de leche que el rumiante produce al día, en dependencia de la cantidad de pasto que el animal puede consumir en MS.

- **Cálculo de producción esperada de carne y leche de las especies forrajeras en FF.**

Usamos las fórmulas empleadas en materia seca para calcular la cantidad carne y leche producida por día la diferencia es que se toma en cuenta los valores presentes en forraje fresco.

- **Estimación de biomasa y carga animal por ha para cada especie forrajera en MS.**

Se calcula la cantidad de forraje en un área determinada (Moringa 5 m², Leucaena 4 m², Cascol 5 m²), con los datos obtenidos se estima la cantidad de pasto que habría en una Ha, una vez determinado el rendimiento/ha de cada especie, se procede a calcular por medio de fórmulas la cantidad de animales que soporta la hectárea de pasto, conocido como carga animal estimado para MS.

- **Estimación de biomasa y carga animal por ha para cada especie forrajera en FF.**

Los mismos cálculos son realizados en esta variable, solo debemos tomar en cuenta que trabajaremos con valores de forraje fresco.

2.6. Análisis económico

El proyecto fue financiado por medio del proyecto de investigación “*Mejoramiento de la producción caprina de la provincia de Santa Elena*”.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la cantidad de carne y leche estimada por cada especie forrajera y la carga animal que cada una soporta.

3.1. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 400 kg para producir 1 kg de carne

En la Tabla 1 explica que una vaca de 400 kg de peso vivo (Pv) y necesidades energéticas de 11.46 Mcal/día, cada especie forrajera estudiada puede cubrir esas necesidades con diferentes cantidades en kg. La Moringa con 2.80 Mcal necesita 4.10 kg diarios, la Leucaena con 2.32 Mcal necesita 4.95 kg diarios, el Cascol con 1.98 Mcal necesita 5.79 kg diarios.

Tabla 1. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 400 kg para ganar 1 kg de carne

Especies forrajeras	Em/forraje (Mcal)	Energía total del animal	Necesidad en kg
<i>Moringa oleifera</i>	2.80	11.46	4.10
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.32	11.46	4.95
<i>Caesalpinia glabatra</i>	1.98	11.46	5.79

Para que la moringa llegue a obtener 2.80 Mcal de Em se utilizaron los datos del análisis bromatológico, valores ubicados en el **Anexo 1** los cuales difieren con los resultados obtenidos de Díaz *et al.*, (2019) quien hace mención con respecto a un análisis bromatológico de las hojas deshidratadas de moringa las cuales presentaron valores de fibra cruda FC (9.5 g/100 g), extracto etéreo EE (5.7 g/100 g) y proteína cruda PC (26.9 g/100 g).

3.2. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 400 kg para producir 1 kg de carne

La Tabla 2 describe la cantidad de forraje fresco que un animal de 400 kg de Pv necesita para cubrir todas las necesidades energéticas y poder ganar 1 kg de carne al día, un bovino alimentado con 17.81 kg diarios de Moringa es suficiente para producir esa cantidad de carne, mientras que la Leucaena y Cascol necesitan de 21.51 y 25.16 kg respectivamente para cubrir las mismas necesidades, esto a nivel de campo y costos difieren mucho.

Tabla 2. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 400 kg para producir 1 kg de carne

Especies forrajeras	Em/forraje (Mcal)	Energía total del animal	Necesidad en kg
<i>Moringa oleífera</i>	2.80	11.46	17.81
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.32	11.46	21.51
<i>Caesalpinia glabatra</i>	1.98	11.46	25.16

Cuando los animales consumen forrajes de clima tropical, los niveles de producción son inferiores a los de animales que consumen forrajes de clima templado, esto se da porque las especies son mejoradas o en el trópico consumen baja cantidad de proteínas y nutrientes mientras se pastorea. El ganado bovino puede consumir varios tipos de alimentos sean de calidad o no como la paja, pero en las dietas de los bovinos lo que limita su efectividad es la energía que estos aportan y la capacidad del animal para extraerla. La energía contenida en el alimento se aloja en las proteínas, grasa y carbohidratos que este contenga y es esta la que determina los requerimientos nutricionales aportando considerablemente a la condición corporal del animal según González (2008) y se concuerda con ello porque la moringa es asimilada por el animal y el contenido de proteínas y grasas es mejor que la Leucaena y Cascol.

3.3. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche

La Tabla 3 muestra los valores de Em de la Moringa Cascol y Leucaena, la energía necesaria del bovino para producir 6 kg de leche al día y los kg necesarios de cada forraje. Si alimentamos al animal para cubrir con las necesidades energéticas diarias usaríamos 7.17 kg de Cascol, 6.13 kg de Leucaena y 5.08 kg de Moringa siendo esta la mejor debido a la menor cantidad usada.

Tabla 3. Estimación de la cantidad de forraje (MS) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche

Especies forrajeras	Em/forraje (Mcal)	Energía total del animal	Necesidad en kg
<i>Moringa oleífera</i>	2.80	14.2	5.08
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.32	14.2	6.13
<i>Caesalpinia glabata</i>	1.98	14.2	7.17

Se concuerda con Obregón (2013), quien aclara que se debe tomar en cuenta el período de lactancia de la vaca para saber el consumo diario de alimento, en el presente trabajo se toma en cuenta también la especie vegetal y la energía que cada una posee, obteniendo como resultado determinar con más precisión la cantidad de alimento necesario para cubrir con las necesidades energéticas, mantener vivo al animal y producir leche.

3.4. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche

En la Tabla 4 se describe la cantidad en forraje fresco tanto de *Moringa oleífera*, *Leucaena leucocephala* o *Caesalpinia glabatra* que necesita consumir una vaca de 500 kg de Pv para producir 6 litros de leche al día. De los tres valores que se muestran la *Moringa* contiene valores de energía más altos y por ende necesita cantidades menores para satisfacer las necesidades diarias del animal, la diferencia en kg entre los otros dos forrajes es de 4.59 y 9.11 kg respectivamente demostrando hasta aquí que la *Moringa oleífera* es el mejor forraje.

Tabla 4. Estimación de la cantidad de forraje (FF) que necesita el bovino de 500 kg para producir 6 kg de leche

Especies forrajeras	Em/forraje (Mcal)	Energía total del animal	Necesidad en kg
<i>Moringa oleífera</i>	2.80	14.2	22.07
<i>Leucaena leucocephala</i>	2.32	14.2	26.66
<i>Caesalpinia glabatra</i>	1.98	14.2	31.18

La Em puede ser estimada a partir de la ED puesto que en rumiantes la Em se representa como el 80 a 82% de la ED según García (2008) quien plantea la siguiente fórmula:

$$\mathbf{Em = ED * 0.82}$$

Se concuerda con él porque la fórmula utilizada en este trabajo para estimar la Em de cada forraje es la estimada.

3.5. Carne producida por consumo de forraje (MS)

Si se alimentara al animal con 100 % leguminosa podría causar complicaciones en su organismo, es por ello que la Tabla 5 exhibe una estimación de cuanta carne al día puede producir una vaca de 400 kg de peso si se la alimenta con 1 kg de cualquiera de las tres especies estudiadas.

Al alimentar al animal con 1 kg de Moringa esta contribuye a producir 0.24 kg de carne por día a diferencia de las otras dos especies que llegan a producir 0.20 y 0.17 kg de carne por día.

Cada especie de leguminosa puede ser consumida en cierta medida que está determinada por el valor de FDN, la Moringa oleífera puede ser consumido en un 16.86 % de la cantidad de alimento diario mientras que la *Leucaena leucocephala* puede consumirse 8.05 % y el cascol 13.34 % de la cantidad de alimento diario, la Tabla 5 expresa que la Moringa puede producir 0.49 kg de carne al día. En teoría la moringa es la mejor especie forrajera para alimentar al ganado.

Tabla 5. Carne producida por consumo de forraje (MS)

Especies forrajeras	kg carne/día en 1kg de forraje	Forraje permitido al día (%)	kg carne/día
<i>Moringa oleífera</i>	0.24	16.86	0.49
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.20	8.05	0.20
<i>Caesalpinia glabatra</i>	0.17	13.34	0.28

Con los datos bromatológicos se pudo determinar el porcentaje máximo que pueden consumir los bovinos de cada especie forrajera y se concuerda con Sánchez (2008) quien indica que el uso de la *Leucaena leucocephala* en la alimentación del ganado bovino es muy común, solamente con ciertas precauciones por su contenido de mimosina (aminoácido tóxico) que puede causar intoxicación en los animales al consumirlo en una cantidad no apropiada o cuando exceda el 30 % en base seca. Según el **Anexo 7**, no puede consumirse más del 8.05 % de esta especie forrajera que equivale a 1.29 kg/día en materia seca.

3.6. Carne producida en FF por el consumo de forraje permitido

La Tabla 6 muestra que, si le proporcionamos 1 kg de moringa y 1 kg de Leucaena a una vaca de 400 kg de peso, el animal gana 0.05 kg de carne al día la diferencia en ganancia de peso al alimentar al animal con esa cantidad de forraje es muy baja. Si alimentamos con la cantidad permitida de cada forraje la Moringa permite que la vaca gane 0.38 kg de carne al día en materia fresca.

Tabla 6. Carne producida por consumo de forraje (FF)

Especies forrajeras	kg carne/día en 1kg de forraje	Forraje permitido al día (%)	kg carne/día
<i>Moringa oleífera</i>	0.056	16.86	0.38
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.05	8.05	0.15
<i>Caesalpinia glabatra</i>	0.04	13.34	0.21

La moringa presenta un 35.04% de FDN (**Anexo 1**), puede ser consumida en un 16.86% que equivale a 6.74 kg/día en materia fresca para cubrir con el rango mínimo de FDN que es 6% mencionado por (Mendoza, 2016) y se concuerda con él porque seguimos ese parámetro.

Según la National Research Council (NRC) y en concordancia con Obregón (2013) un ejemplar de 400 kg de Pv necesita para ganar peso y mantenerse vivo una energía total de 11.46 Mcal/día, datos utilizados en el presente trabajo.

3.7. Leche producida en MS por el consumo de forraje permitido

La Tabla 7 expone que una vaca de 500 kg de Pv al ser alimentada con 1 kg de Moringa produce al día 1.18 litros de leche la Leucaena produce 0.98 litros por día y el Cascol 0.84 litros por día. La cantidad de Moringa que la vaca puede consumir (16.86 %) equivale a 1.74 kg/día en MS y produce 2.05 litros de leche por día, seguido del Cascol que produce 1.15 litros al día y al final la Leucaena que produce 0.81 litros de leche al día, esto se debe al porcentaje de consumo de cada especie.

Tabla 7. Leche producida por consumo de forraje (MS)

Especies forrajeras	kg leche/día en 1kg de forraje	Forraje permitido al día (%)	kg leche/día
<i>Moringa oleífera</i>	1.18	16.86	2.05
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.98	8.05	0.81
<i>Caesalpinia glabatra</i>	0.84	13.34	1.15

Milera (2006) menciona que usando gramíneas y leguminosas en la dieta de un bovino sin uso de suplementos, cada vaca produce al día 9 litros de leche, pero si alimenta al ganado con gramínea solamente, produce 6.6 litros de leche por día, se concuerda con él, debido a que en este trabajo las vacas de 500 kg de Pv tienen la capacidad de producir 6 litros de leche por día y los datos estimados y mostrados en la Tabla 7 predicen solo la cantidad de leche que produce cada especie forrajera con la cantidad que pueden consumir, no con la capacidad total de consumo al día del animal, es decir el uso de gramíneas y la Moringa estimaría la producción diaria de 6 litros o más de leche.

Se coincide con Marcelo Zolezzi (2017) que menciona que si la calidad de este forraje es mejor el uso de concentrados se limita y por ende el costo de la alimentación es menor.

3.8. Leche producida en FF por el consumo de forraje permitido

En la Tabla 8 se instruye que la cantidad permitida de consumo en materia fresca de Moringa (16.86 % equivalente a 4.34 kg/día) produce 1.18 litros de leche al día, si le proporcionamos Leucaena (8.05 % equivalente a 2.07 kg/día) produce 0.47 litros de leche al día y el cascol (13.34 % equivalente a 3.44 kg/día) produce 0.66 litros de leche al día.

Tabla 8. Leche producida por consumo de forraje (FF)

Especies forrajeras	kg leche/día en 1kg de forraje	Forraje permitido al día (%)	kg carne/día
<i>Moringa oleífera</i>	0.27	16.86	1.18
<i>Leucaena leucocephala</i>	0.23	8.05	0.47
<i>Caesalpinia glabatra</i>	0.19	13.34	0.66

La moringa si forma parte de la alimentación en bovinos aporta a la calidad y cantidad de leche producida según este estudio, resultados que concuerdan con Obregón (2013) quien muestra que, si se realizan mejores prácticas de alimentación durante el primer trimestre de lactación donde las vacas pasan por un balance energético negativo y que existe la movilización de reservas corporales obligatoriamente, aumentaría considerablemente la producción de leche. Correspondiendo a lo que dice García (2008) quien menciona que las vacas en período de lactancia cuando se alimentan aprovechan bien lo que consumen y lo transforman en energía metabolizable (Em) como reservas corporales en un 75 % y estas son aprovechadas en leche hasta 84 %.

3.9. Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en MS

En la Tabla 9 se describe la carga animal anual que existe en una hectárea de cada especie forrajera en materia seca. En la primera columna se observa los kg totales de forraje que necesitaríamos para alimentar a un animal por un año con un 100 % leguminosa, en la segunda columna se muestra la carga animal anual si estos son alimentados en un 100v% con el forraje, en la tercera columna los kg totales de forraje para alimentar a un bovino de 400 kg por un año con el porcentaje permitido de cada forraje y en la cuarta columna se presenta la carga animal anual alimentando a estos animales con la cantidad en kg de forraje permitido.

De las tres especies forrajeras la *Caesalpinia glabatra* soporta mayor carga animal que las otras dos especies y por valores muy extensos, estos resultados se deben a la biomasa producida, el número de cortes anuales y la cantidad de forraje que la especie le permite consumir al animal, (**Anexo 4**).

Tabla 9. Carga animal anual para bovinos de carne en una hectárea de forraje en MS

Especie Forrajera	100% forraje		% permitido	
	kg Pv	UBA	kg Pv	UBA
<i>Moringa oleífera</i>	4380	2	738.47	14
<i>Leucaena leucocephala</i>	4380	8	352.59	98
<i>Caesalpinia glabatra</i>	4380	31	584.29	230

La moringa con 130cm de altura en promedio muestra que por cada 5 m² produce 5.5 kg de biomasa (**Anexo 4**) con estos valores se concuerda con Solarte (2015) quien dicta que en bancos forrajeros la moringa después de 8 meses posterior a la siembra se realiza un primer corte a una altura no mayor a 40 cm, una vez establecido el pasto, los próximos cortes se realizan entre los 50 a 90 días a una altura de 50cm dependiendo de la zona y del fin del material, se obtienen de 1 a 1.2 kg de forraje verde/planta, ya que en este presente trabajo cada planta produce entre 1 a 1.2 kg de follaje por planta.

3.10. Carga animal para bovinos de carne en una hectárea de forraje en FF

La Tabla 10, presenta los valores de carga animal (CA) que puede soportar una hectárea (ha) de forraje fresco, en la primera columna la cantidad anual de alimento que necesita para alimentar al ganado solo con forraje, en la segunda columna la carga animal anual que soporta una hectárea si se alimenta solo con forraje, la tercera columna es la cantidad de alimento anual que se necesita para alimentar al ganado solo con un porcentaje de forraje.

Tabla 10. Carga animal anual para bovinos de carne en una hectárea de forraje en FF

Especies forrajeras	100% forraje		% permitido	
	kg Pv	UBA	kg Pv	UBA
<i>Moringa oleífera</i>	14600	5	2461.56	27
<i>Leucaena leucocephala</i>	14600	7	1175.30	89
<i>Caesalpinia glabatra</i>	14600	18	1947.64	137

Como se aprecia en el **Anexo 4** el Cascol llega a producir hasta 267 tn anuales, la *Caesalpinia glabatra* puede llegar a producir entre 30 y 50 kg/planta lo cual es muy cercano a los datos obtenidos en el presente trabajo se concuerda con González (2018).

3.11. Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en MS

La Tabla 11 explica que una vaca de 500 kg de Pv necesitaría al año 3759.5 kg de alimento como se observa en la primera columna para cualquiera de las tres especies si se alimentara solo con forraje lo cual no es posible, pero eso se estima, entonces una hectárea de moringa soportaría hasta 3 UA destinados para producir leche y el Cascol podría soportar 36 UA al año, pero al tomar en cuenta que hay una cantidad de forraje permitido (13.34 % permitido el Cascol) el valor real que soporta una hectárea es de 268 UA por año.

Tabla 11. Carga animal anual para bovinos de leche en una hectárea de forraje en MS

Especies forrajeras	100% forraje		% permitido	
	kg Pv	UBA	kg Pv	UBA
Moringa oleífera	3759.5	3	633.85	16
Leucaena leucocephala	3759.5	9	302.64	114
Caesalpinia glabatra	3759.5	36	501.52	268

En Santa Elena la Leucaena tiene rendimientos de 17.5 tn/ha y se concuerda con la González (2018) quien indica que el rendimiento por hectárea de Leucaena va de 10 hasta 16 toneladas, el corte se debe realizar luego de 6 meses de haber sido establecido, es decir los períodos de corte influyen mucho no solo de Leucaena sino de cualquier especie, en este trabajo se aprecia el período de corte y el número de cortes que se pueden realizar durante un año (**Anexos 6, 7 y 8**) son muy parecidos a los períodos que menciona el autor.

3.12. Carga animal para bovinos de leche en una hectárea de forraje en FF

La Tabla 12 exhibe la carga animal (CA/ha/año) de cada especie forrajera en materia fresca estudiada para bovinos de 500 kg de Pv destinados para producir leche, la *Moringa oleífera* soporta 42 UA al año, la *Leucaena leucocephala* 139 UA al año y la *Caesalpinia glabatra* soporta 213 UA al año. A pesar de que la *Caesalpinia glabatra* soporta mayor carga animal la *Moringa oleífera* es mejor forraje en cuanto a producción de carne y leche.

Tabla 12. Carga animal anual para bovinos de leche en una hectárea de forraje en FF

Especies forrajeras	100% forraje		% permitido	
	kg Pv	UBA	kg Pv	UBA
<i>Moringa oleífera</i>	9398.75	7	1584.63	42
<i>Leucaena leucocephala</i>	9398.75	11	756.60	139
<i>Caesalpinia glabatra</i>	9398.75	28	1253.79	213

Con respecto a cantidad de animales que puede soportar una hectárea (ha) de forraje y que en zonas áridas muchas veces depende de la cantidad de alimentos que se pueden conseguir, se concuerda con Rojas-Schoeder (2017) que plantea que en la mayoría de los sistemas de producción del trópico utilizan pasturas que manifiestan un gran rendimiento en biomasa para alimentar a sus animales, aunque por problema de lluvias no llegan muchas veces a completar la capacidad máxima nutricional de la especie.

La presente investigación concuerda con Romero (2016) que la *Caesalpinia glabatra* es una especie que podría ser un potencial de estudio en cuanto a nutrición y medicina por su rendimiento y el bajo costo que genera mantenerla.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Empleando las fórmulas de estimaciones energéticas adecuadamente se determinó que la *Moringa oleífera* con un período de corte de 60 días produce 0.49 kg de carne por día en MS y 0.38 kg de carne al día en FF, la *Leucaena leucocephala* con un periodo de corte de 65 días produce 0.20 kg por día en MS y 0.15 kg de carne al día en FF y la *Caesalpinia Glabatra* con un período de corte de 75 días produce 0.28 kg de carne por día en MS y 0.21 kg de carne por día en FF, y con respecto a la producción de leche, *Moringa oleífera* en FF produce 1.18 litros de leche por día, la *Leucaena Leucocephala* en FF produce 0.47 litros de leche al día y la *Caesalpinia glabatra* en FF produce 0.66 litros de leche por día.
- *Caesalpinia glabatra* demostró ser la mejor especie forrajera con respecto a rendimiento y carga animal en unidades bovinas adultas por hectárea, respectivamente para producción de carne la carga animal en MS fue de 230 UBA/año y en FF fue de 137 UBA/año y para producción de leche fue 268 UBA/año en MS y 213 UBA/año en FF, en comparación con la *Moringa* y la *Leucaena*, la diferencia es considerablemente mayor.
- A partir del análisis bromatológico se estimó el valor energético de cada especie forrajera, en *Moringa oleífera* fue de 2.80 Mcal, en *Leucaena leucocephala* fue de 2.32 Mcal y de *Caesalpinia glabatra* fue de 1.98 Mcal de energía metabolizable, estos valores afirman que la *moringa* es el mejor forraje en cuanto al valor energético que puede aportar al animal.
- Cada especie forrajera posee un consumo de forraje permitido, y los valores apreciados tanto en producción de carne como en leche son altos, independientemente cual produzca más, la inclusión de especies de leguminosas en la dieta de un bovino es ganancia. Los resultados son óptimos, si se incorpora *moringa* en la dieta de un bovino en Santa Elena este llega a producir 1 kg de carne al día y si es para producción de leche este alcanza los 6 litros diarios.

Recomendaciones

- Llevar este estudio al área experimental, comprobar los datos estimados matemáticamente con un trabajo de campo guiado por un diseño experimental, para determinar si la capacidad de producción de cada especie se cumple en bovinos y si la *Moringa oleífera* es el mejor forraje para producción bovina en la provincia de Santa Elena.
- Realizar estimaciones energéticas con mayor número de especies forrajeras y con otras especies de animales que se encuentre en zonas como la provincia de Santa Elena y llevarlo a campo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anrique. R. (2014). *Composicion de alimentos para el ganado bovino*. Chile: 4ª edición.
- Anzures-Olvera. F., Macías-Cruz. U., Álvarez-Valenzuela. F.D., Correa-Calderón. A., Díaz-Molina. R., Hernández-Rivera. J.A., Avendaño-Reyes. L., 2015. Efecto de época del año (verano vs. invierno) en variables fisiológicas. producción de leche y capacidad antioxidante de vacas Holstein en una zona árida del noroeste de México. *Archivos de Medicina Veterinaria* 47. 15–20. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2015000100004>
- Cuervo Vivas. W.A., Santacoloma Varón. L.E., Barreto de Escovar. L., 2019. Análisis Historico De La Composicion Química De Forrajes Tropicales En Colombia Entre 1985 Y 2015. I - Gramíneas Forrajeras. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental* 10. 89–113. <https://doi.org/10.22490/21456453.2415>
- Díaz-Fuentes. V.H., Ruíz-Cruz. P.A., Gálvez-Marroquín. L.A., Martínez-Valencia. B.B., Nájera-Domínguez. W., 2019. Nutritional composition in leaves of 20 genotypes of *Moringa oleifera* Lam. *Agroproductividad* 12. 29–34. <https://doi.org/10.32854/agrop.v12i9.1141>
- Fernández. H. Z. (2004). Análisis de los alimentos. En I. d. Habana. *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos* (pág. 8).
- Francisco Lanuza A. I. R. (2006). Requerimientos de nutrientes según estado fisiológico en bovinos de leche. *Boletín inia n° 148* (págs. 4 - 8). Instituto de investigaciones agropecuarias – centro regional de investigación remehue.
- Gadberry. (2011). *"Part 1: Nutrition basic"*. *Beef cattle nutrition series*. University of Arkansas. USA. 24p.
- García. G. (2008). Cálculo de la energía neta para lactación y su predisposición desde el punto de vista de la fibra. *Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales. (IDIAF)*, Santo Domingo. DO. 27p.
- Gimenez. (2008). *Producción y manejo de carne bovina en Chile. Manual de producción bovina*. Santiago de Chile.: colección de libros INIA n°16.

- González. P. y. (2018). *Recursos arbóreos y arbustivos tropicales para una ganadería bovina sustentable*. Colima. México: Sistema Editorial Electrónico PRED.
- G. Castellaro. 2007. Un Modelo De Simulación De Sistemas De Engorda De Bovinos a Pastoreo. *Agricultura Técnica* 67. 163–172.
<https://doi.org/10.4067/S0365-28072007000200006>
- Guevara Viera. R.V.. Roca Cedeño. A.J.. Lascano Armas. P.J.. Arcos Álvarez. C.N.. Vera Cedeño. J.C.. Guevara Viera. G.E.. Curbelo Rodríguez. L.M.. Galarza Lucero. D.A.. Soto Senra. S.A.. 2016. Influencia del algarrobo en la conducta y producción de leche de vacas en pastoreo. II. Período lluvioso. *Revista de Producción Animal* 28. 17–22.
- Jarquin. D. A. (2015). *Implementación de un sistema de pastoreo rotacional intensivo con suplementación de precisión para la producción de leche con vacas Jersey*. Zamorano. Honduras: Zamorano Carrera de Ciencia y Produccion Agropecuaria .
- José Maiztegui. 2001. Necesidades nutritivas del ganado vacuno lechero 14.
- Marcelo Zolezzi. P. A. (2017). *Manual bovino de carne*. Santiago. Chile: INIA Tamel Aike.
- Mendoza. G. y. (2016). Recomendacione prácticas del uso de forraje en dietas de finalización. En u. A. Metropolitana. *Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano* (pág. 67 p.). México: egunda edición.
- Mieres. J. M. (2005). Estimadores de valor nutritivo para producción de leche. En u. D. Inia. *guía para la alimentación de rumiantes*. Andes 1365. Piso 12. Montevideo - Uruguay <http://www.inia.org.uy>.
- Milera. M. (2006). Sistemas de producción de leche a partir de recursos forrajeros herbáceos y arbóreos. En E. E. Hatuey". *Pastos y Forrajes* (Vol. vol. 29. págs. pp. 1-27). Matanzas. Cuba. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2691/269121704001.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Boletín situacional carne de res*. Obtenido de file:///D:/Octavo%20semestre/Inducción%20al%20proyecto%20de%20titulación/boletin_situacional_carne_res_2017.pdf

- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2017). *Boletín situacional de leche l.* Obtenido de file:///D:/Octavo%20semestre/Inducción%20al%20proyecto%20de%20titulación/boletin_situacional_leche_2017.pdf
- Obregón. L. (2013). Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste. Costa Rica . *Intersedes*. 132.
- Olson. M. E. (2011). Moringa oleífera: un árbol multiusos para las zonas tropicales secas. *Revista mexicana de Biodiversidad*. 1072-1078.
- Ortega. G.C.. Hernández. O.. Vargas. L.. Mendoza. G.D.. Martínez. P.A.. Avendaño. L.. 2010. Análisis de sensibilidad del modelo NRC 1996 para bovinos de carne en pastoreo con suplemento. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 44. 1–7.
- Palacios Espinosa. A.. González-Peña Fundora. D.. Guerra Iglesias. D.. Espinoza Villavicencio. J.L.. Ortega Pérez. R.. Guillén Trujillo. A.. Ávila Serrano. N.. 2016. Curvas de lactancia individuales en vacas Siboney de Cuba. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias* 7. 15–28.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v7i1.4147>
- Ramírez. R. C. (2013). Formulación de raciones para carne y leche. desarrollo de un módulo práctico para técnicos y estudiantes de ganadería de Guanacaste. Costa Rica. *INTERSEDES*.
- Rojas y Schroeder. L. S. (2017). Utilización del follaje de ramón (*Brosimum alicastrum* Swarth) en la alimentación animal. En U.A. Yucatán. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* (págs. vol. 20. núm. 3. pp. 363-371). México.
- Romero. J. M. (2016). Morphology, imbibition and germination of *Caesalpinia glabrata* Kunth (Fabaceae) seeds distributed in a tropical dry forest. *Revista Chapingo Serie Zonas Aridas*. 91.
- Saavedra. M.. Figueroa. A.. & Herrera. C. (2018). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza y su aceptación en cerdas. *Abanico veterinario*.
- Salazar. J. A. (2009). Requerimientos nutricionales del ganado de leche según el modelo del NRC 2001.

- Sánchez. F. S. (2008). Manual de manejo agronómico de *Leucaena Leucocephala* - "*Leucaena Leucocephala* (Guaje). una opción forrajera en los sistemas de producción animal en el trópico". *Fundación Morelia Michoacán*. 15-22.
- Solarte. D. (2015). *Manual sobre cultivo y usos de plantas medicinales y forrajeras*. Colombia.
- Slanac. A.L.. Kucseva. C.D.. Balbuena. O.. Rochinotti. D.. 2013. Degradación ruminal en bovinos de la proteína bruta de *Paspalum notatum* a diferentes edades de rebrote y estaciones del año. *Revista Veterinaria* 24. 119–123.
- Sotelo M. A.. Contreras M. C.. Norabuena M. E.. Castañeda S. R.. van Heurck. M.. Bullón C. L.. 2016. Digestibilidad y energía digestible de cinco leguminosas forrajeras tropicales. *Revista de la Sociedad Química del Perú* 82. 306–314.
- Soto. S.. Guevara. R.. Estévez. J.. Guevara. G.. 2006. Evaluación agronómica de la inclusión de cultivos de ciclo corto en el establecimiento de *Leucaena leucocephala* cv. Perú. *Pastos y Forrajes* 29. 1–7.
- Vargas. J.C.. Benítez. D.G.. Torres. V.. Ríos. S.. Soria. S.. 2015. Factores que determinan la eficiencia de la producción de leche en sistemas de doble propósito en la provincia de Pastaza. Ecuador. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* 49. 17–21.
- Tarsicio. M. S. (2018). Análisis químico proximal en residuos sólidos de cerveza artesanal y su aceptación en cerdas. *Abanico veterinario*. 88-89.
- Zárate. S. (1987). *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit subsp. *glabrata* . *Phytologia*. 63(4): 304-306.

ANEXOS

Anexo 1. Análisis bromatológico de cada especie forrajera.

EN HÚMEDO

Especie de pasto	Humedad	Proteína	EE	Fibra c	Ceniza	%FDN	%FDA	%ELN
Moringa oleífera	84.4	3.72	1.2	2.62	2.05	35.04	17.17	6.01
Leucaena leucocephala	67.24	8.1	1.69	7.96	2.53	58.54	30.01	12.48
Caesalpinia glabatra	49.59	7.88	3.34	9.83	3.52	44.44	22.97	25.84

EN SECO

Especie de pasto	Humedad	Proteína	EE	Fibra c	Ceniza	%FDN	%FDA	%ELN
Moringa oleífera		23.82	7.69	16.8	13.13	35.04	17.17	38.56
Leucaena leucocephala		24.72	5.17	24.3	7.71	58.54	30.01	38.1
Caesalpinia glabatra		15.63	6.62	19.5	6.98	44.44	22.97	51.27

Anexo 2. Valores energéticos calculados a partir de fórmulas matemáticas.

	Tipo de ovino	Especie forrajeras	NDT bovinos	ED (Mcal/kg)	Em (Mcal/kg) MS	Em (Mcal/kg) FF	ENm (Mcal/kg)	ENg (Mcal/kg)	ENl (Mcal/kg)
Moringa	Bovinos de leche	Moringa oleífera	77	3.41	2.80	0.64	4.10	1.23	1.78
	Bovinos de carne	Moringa oleífera	77	3.41	2.80	0.64	4.10	1.23	1.78
Leucaena	Bovinos de leche	Leucaena leucocephala	64	2.82	2.32	0.53	3.68	0.86	1.45
	Bovinos de carne	Leucaena leucocephala	64	2.82	2.32	0.53	3.68	0.86	1.45
Cascol	Bovinos de leche	Enterolobium cyclocarpum	55	2.41	1.98	0.46	3.37	0.57	1.22
	Bovinos de carne	Enterolobium cyclocarpum	55	2.41	1.98	0.46	3.37	0.57	1.22

Anexo 3. Consumo total de materia seca y forraje fresco del animal y energía diaria total del bovino de carne y leche.

Datos	ganancia diaria	Consumo MS	Consumo FF	Energía total requerida
Ganado de carne de 400 Kg	1kg	12 Kg/día	40 Kg/día	11.46
Datos	kg de leche diaria	Consumo MS	Consumo FF	Energía total requerida
Vacas de 500 kg de PV para producción de leche	6kg	10.3 kg	25.75 kg	14.2

Anexo 4. Estimación del rendimiento anual en una hectárea de cada forraje a partir de una superficie en m².

Tipo de animal	Pasto	Superficie m2	Peso (kg)	1 ha	Peso (tn)	Producción anual FF (Tn)	Producción anual MS (Tn)
Bovinos de 400 kg	Moringa oleífera	5	5.5	10000	11	66	10
Vacas lecheras de 500 kg	Moringa oleífera	5	5.5	10000	11	66	10
Bovinos de 400 kg	Leucaena leucocephala	4	7	10000	17.5	105	34
Vacas lecheras de 500 kg	Leucaena leucocephala	4	7	10000	17.5	105	34
Bovinos de 400 kg	Caesalpinia glabatra	5	26.7	10000	53.3	267	134
Vacas lecheras de 500 kg	Caesalpinia glabatra	5	26.7	10000	53.3	267	134

Anexo 5. Carga animal anual calculada en una hectárea dependiendo del consumo de alimento.

Alimentadas con 100% leguminosas		Alimentadas con % adecuado	
Forraje fresco	Materia seca	Forraje fresco	Materia seca
CA (UA/Ha)	CA (UA/ha)	CA (UA/Ha)	CA (UA/ha)
FF/año	MS/año	FF/año	MS/año
5	2	27	14
7	3	42	16
7	8	89	98
11	9	139	114
18	31	137	230
28	36	213	268

Anexo 6. Datos del consumo diario máximo de moringa.

	Moringa	16.86% de consumo
UA estándar	1 Vaca de 400 kg	
Período anual	365 días	
Período de corte anual	60 días	
Número de cortes al año	6 cortes	
Consumo de MS/día (400 kg) carne	16 kg MS	2.02
Consumo de FF/día (400 kg) carne	40 kg FF	6.74
Consumo de MS/día (500 kg) leche	10.3 kg MS	1.74
Consumo de FF/día (500 kg) leche	25.75 kg FF	4.34

Anexo 7. Datos del consumo diario máximo de leucaena.

Leucaena		8.05% de consumo
UA estándar	Vaca de 400 kg	
Período anual	365 días	
Período de corte anual	65 días	
Número de cortes al año	6 corte al año	
Consumo de MS/día (400 kg) carne	16 kg MS	0.97
Consumo de FF/día (400 kg) carne	40 kg FF	3.22
Consumo de MS/día (500 kg) leche	10.3 kg MS	0.83
Consumo de FF/día (500 kg) leche	25.75 kg FF	2.07

Anexo 8. Datos del consumo diario máximo de cascol.

Cascol		13.34% de consumo
UA estándar	Vaca de 400 kg	
Período anual	365 días	
Período de corte anual	75 días	
Número de cortes al año	5 cortes al año	
Consumo de MS/día (400 kg) carne	16 kg MS	1.60
Consumo de FF/día (400 kg) carne	40 kg FF	5.34
Consumo de MS/día (500 kg) leche	10.3 kg MS	1.37
Consumo de FF/día (500 kg) leche	25.75 kg FF	3.44

Anexo 9. Metodología para calcular la cantidad de carne ganada al día por cada especie en MS.

	Energía (Mcal)	Kg de Pasto	Ganancia de P. Kg
Moringa oleífera	2.80	1	0.244
Bovino de 400 Kg	11.46	4.10	1
Leucaena leucocephala	2.32	1	0.20
Bovino de 400 Kg	11.46	4.95	1
Caesalpinia glabatra	1.98	1	0.17
Bovino de 400 Kg	11.46	5.79	1

Anexo 10. Metodología para calcular la cantidad de carne ganada al día por cada especie en FF.

	Em (Mcal)	Kg de forraje	Ganancia de P. Kg
Moringa oleífera corte	0.64	1	0.056
Bovino de 400 Kg	11.46	17.81	1
Leucaena leucocephala	0.53	1	0.05
Bovino de 400 Kg	11.46	21.51	1
Caesalpinia glabatra	0.46	1	0.04
Bovino de 400 Kg	11.46	25.16	1

Anexo 11. Metodología para calcular la cantidad de leche ganada al día por cada especie en MS.

	<u>Em (Mcal)</u>	<u>Kg de Pasto</u>	<u>kg de leche/día</u>
Moringa oleífera corte	2.80	1	1.182
Vaca de 500 kg de PV	14.2	5.08	6
Leucaena leucocephala	2.32	1	0.979
Vaca de 500 kg de PV	14.2	6.13	6
Caesalpinia glabatra	1.98	1	0.837
Vaca de 500 kg de PV	14.2	7.17	6

Anexo 12. Metodología para calcular la cantidad de leche ganada al día por cada especie en FF.

	<u>Em (Mcal)</u>	<u>Kg de Pasto</u>	<u>kg de leche/día</u>
Moringa oleífera corte	0.64	1	0.272
Vaca de 500 kg de PV	14.2	22.07	6
Leucaena leucocephala	0.53	1	0.225
Vaca de 500 kg de PV	14.2	26.66	6
Caesalpinia glabatra	0.46	1	0.192
Vaca de 500 kg de PV	14.2	31.18	6

ANEXOS DE FIGURAS

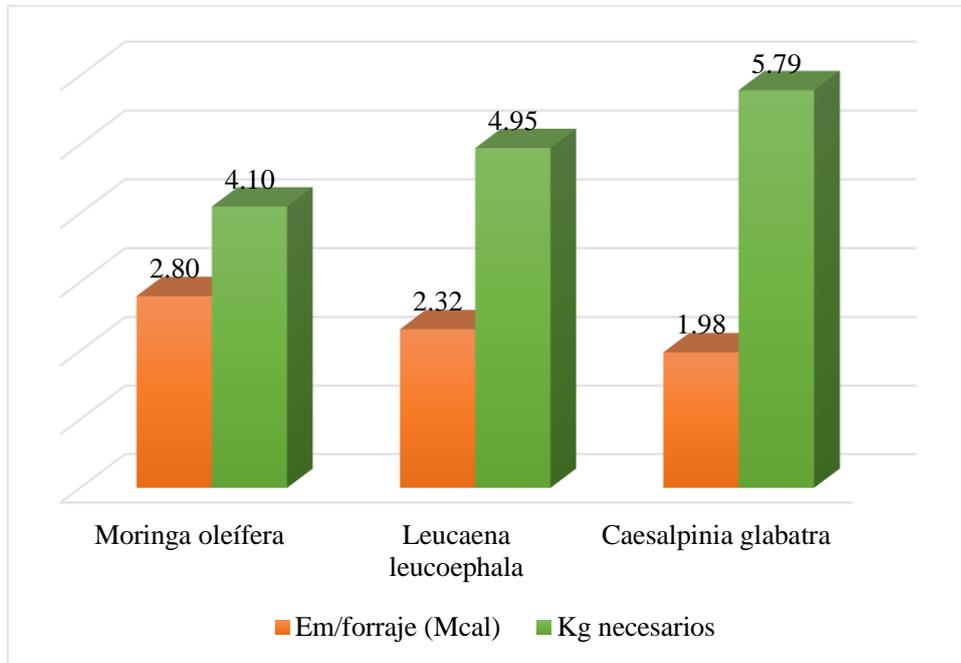


Figura 1. Cantidad de forraje en MS necesario en carne.

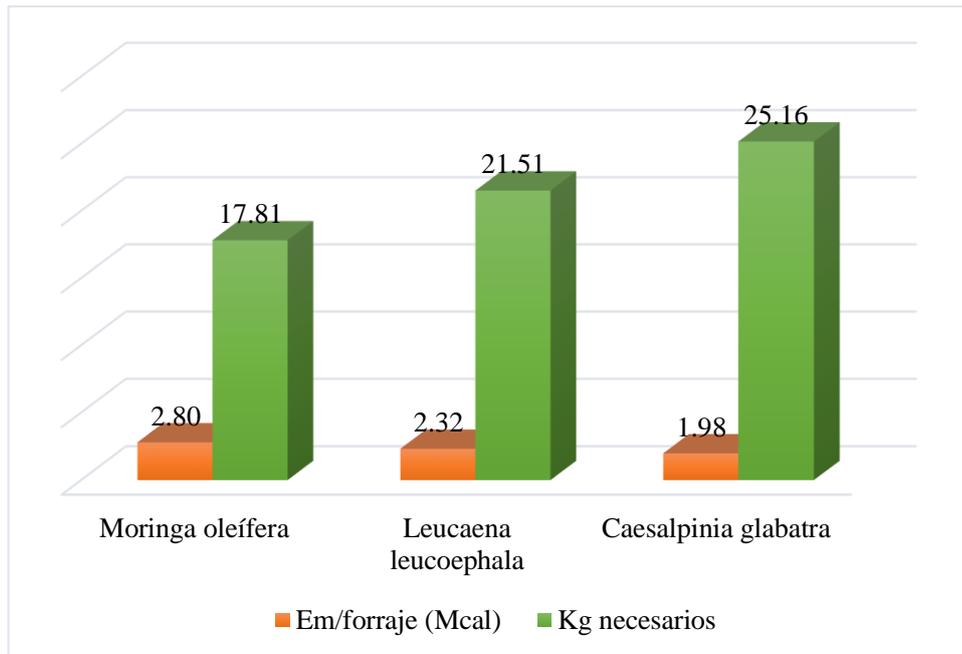


Figura 2. Cantidad de forraje en FF necesario en carne.

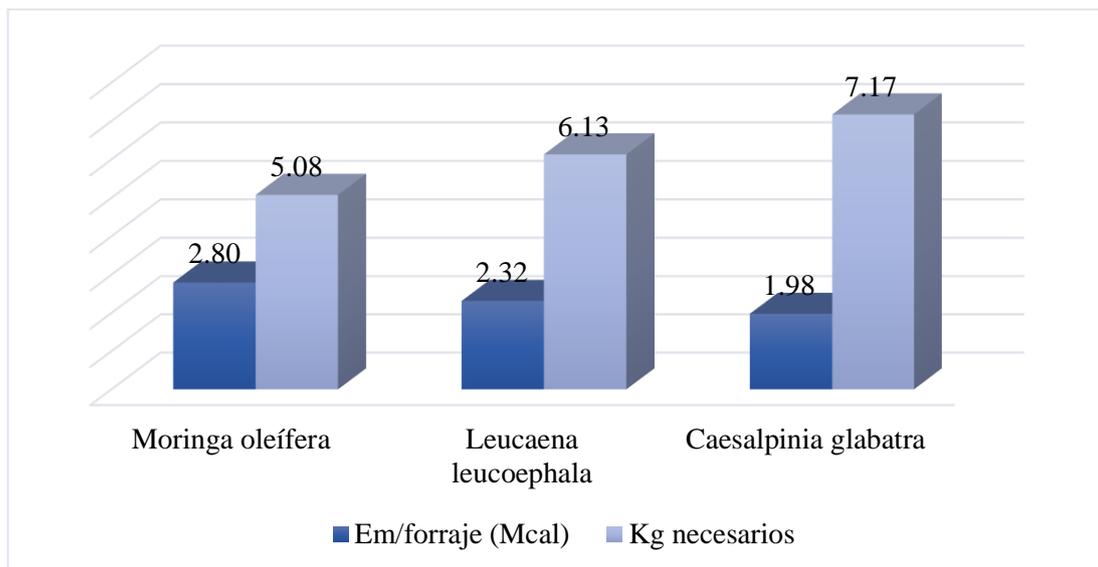


Figura 3. Cantidad de forraje en MS necesario en leche.

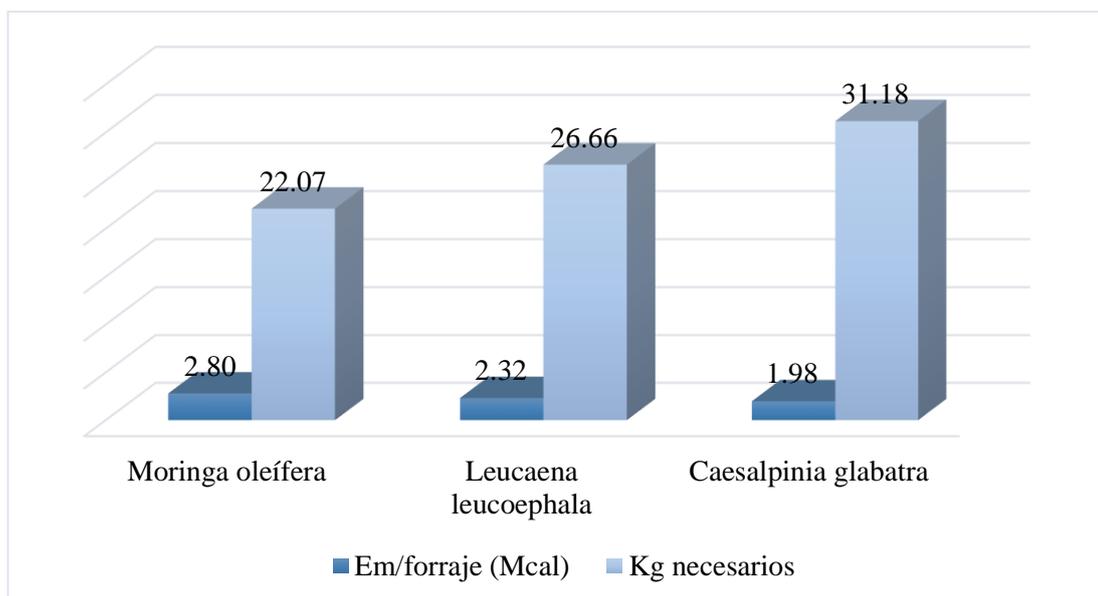


Figura 4. Cantidad de forraje en FF necesario en leche.

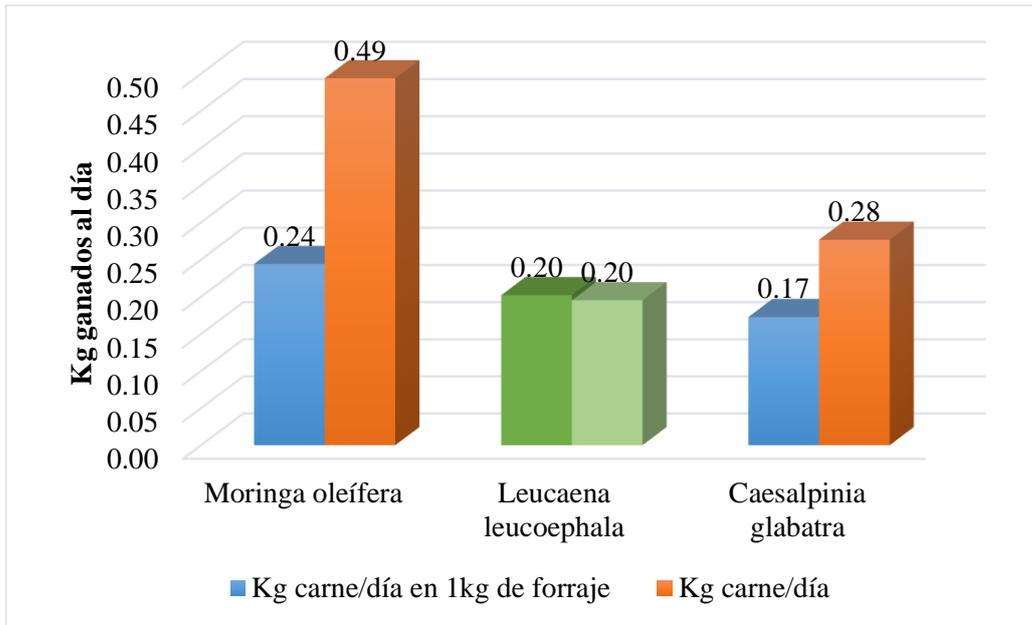


Figura 5. Carne producida en forraje en MS consumido.

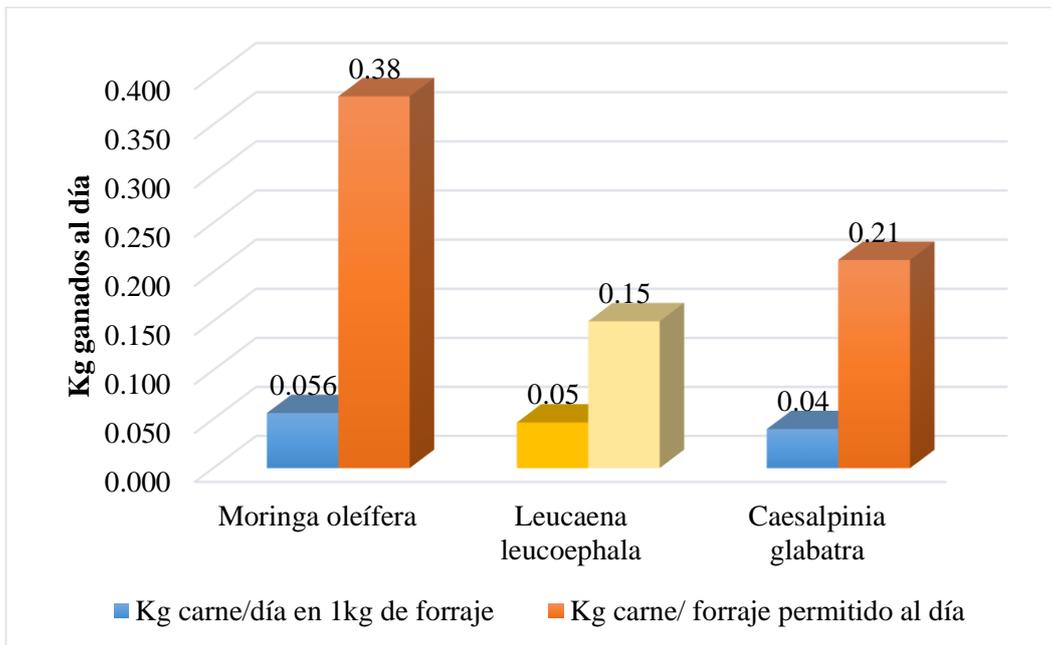


Figura 6. Carne producida en forraje en FF consumido

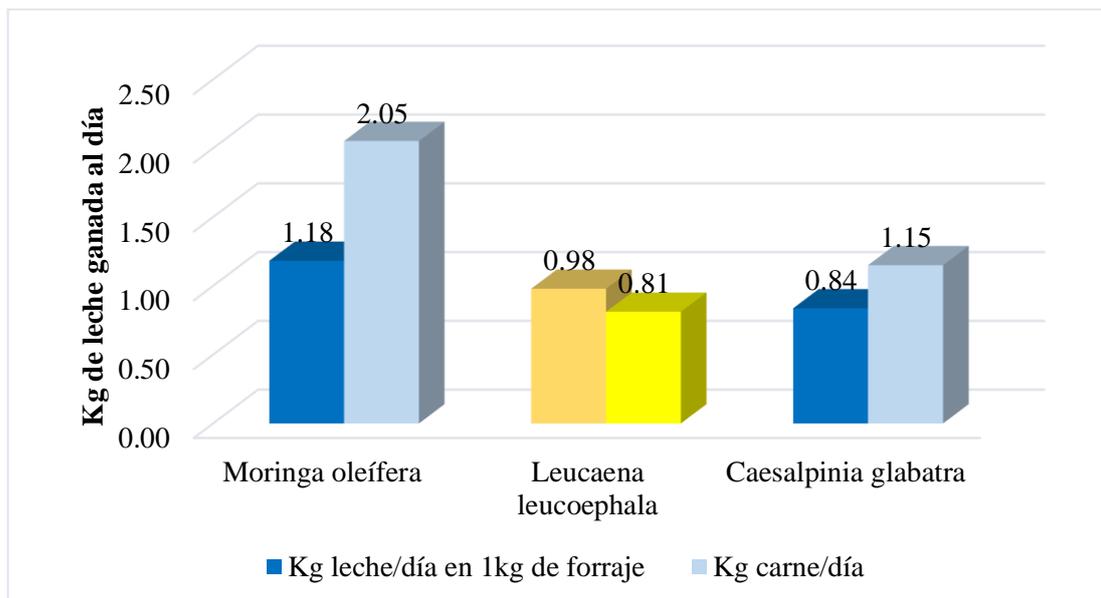


Figura 7. Leche producida al consumir forraje en MS.

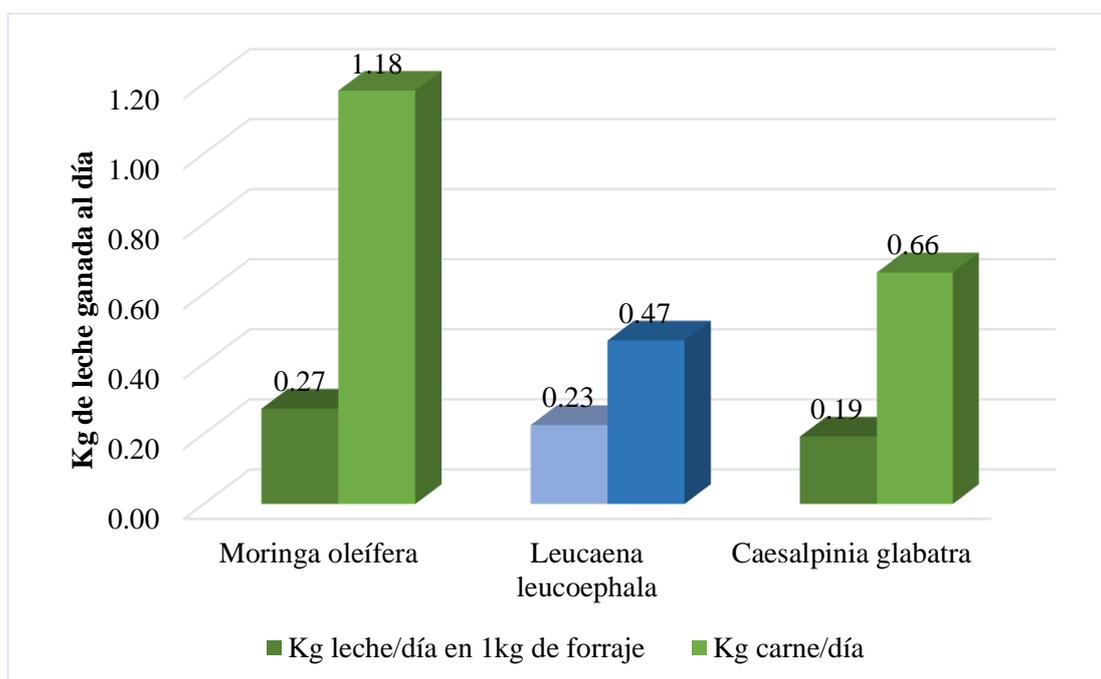


Figura 8. Leche producida al consumir forraje en FF.

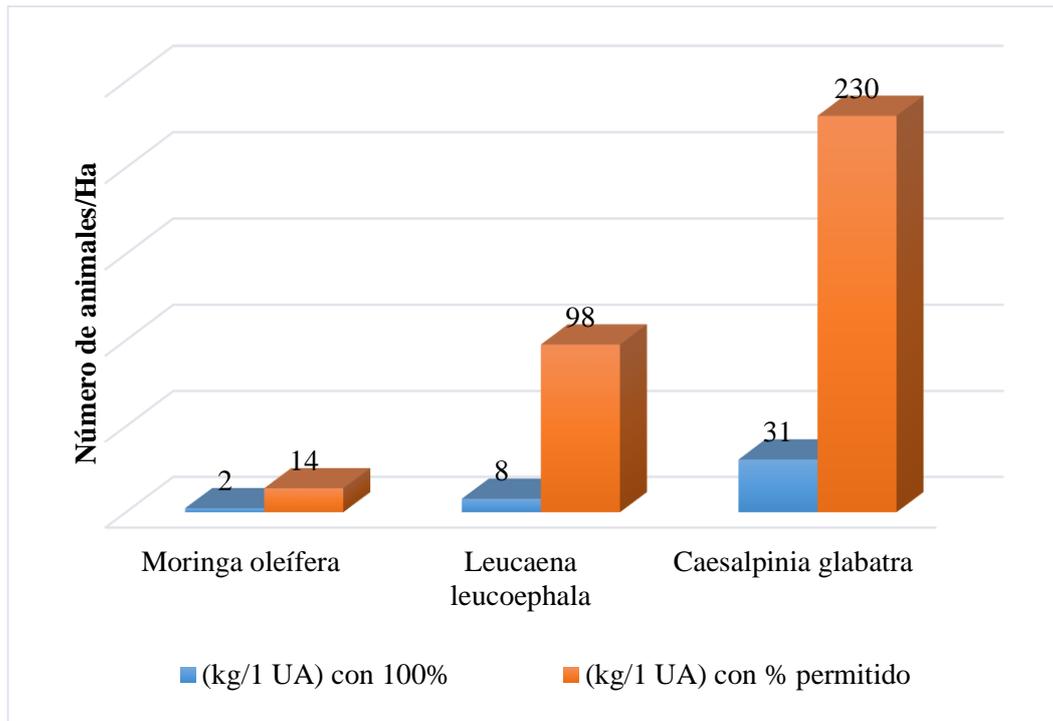


Figura 9. Carga animal anual de cada forraje en MS de 1 Ha.

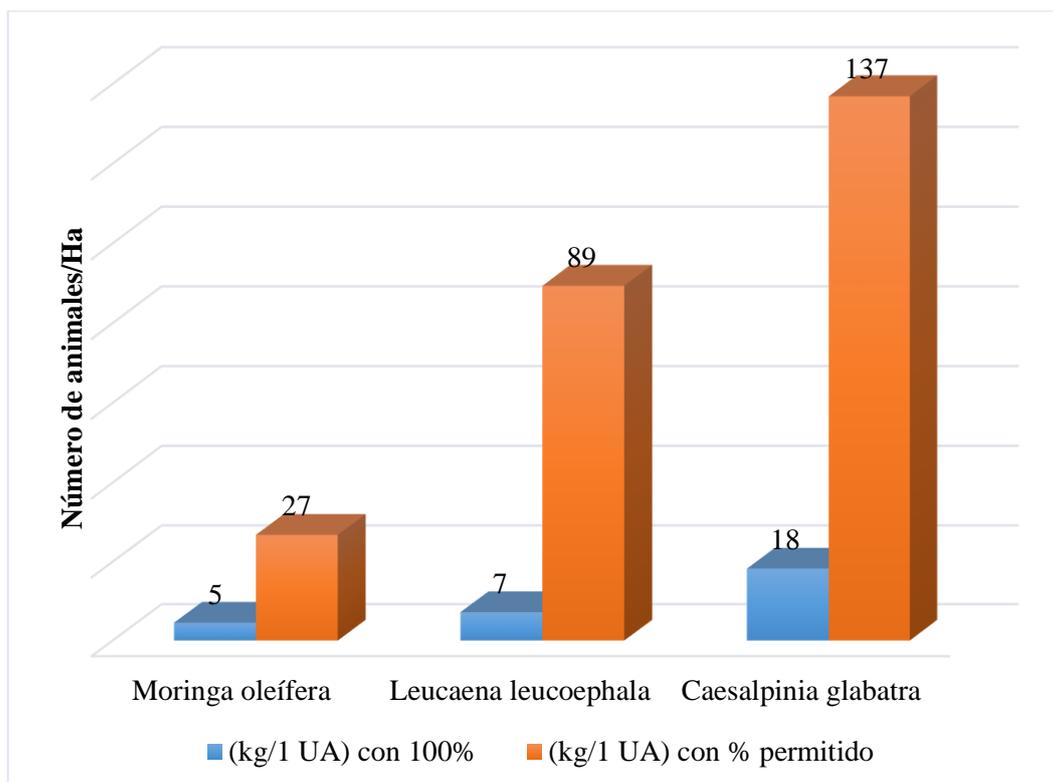


Figura 10. Carga animal anual de cada forraje en FF de 1 Ha.

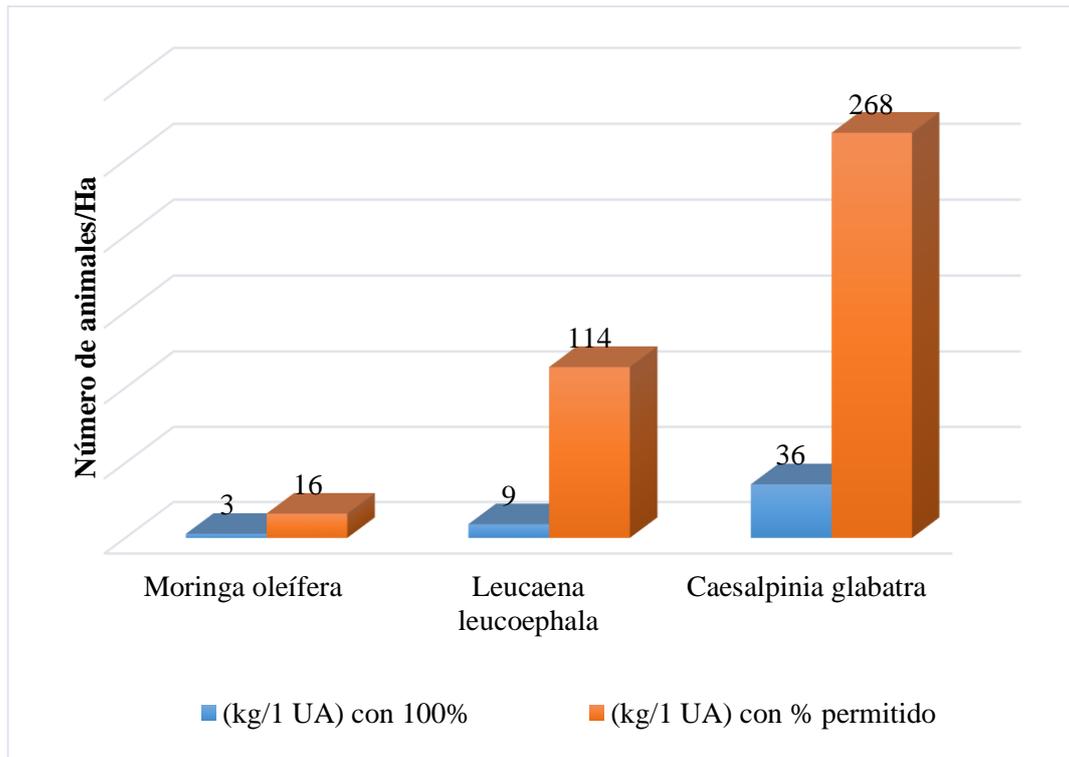


Figura 11. Carga animal anual de cada forraje en MS de 1 Ha.

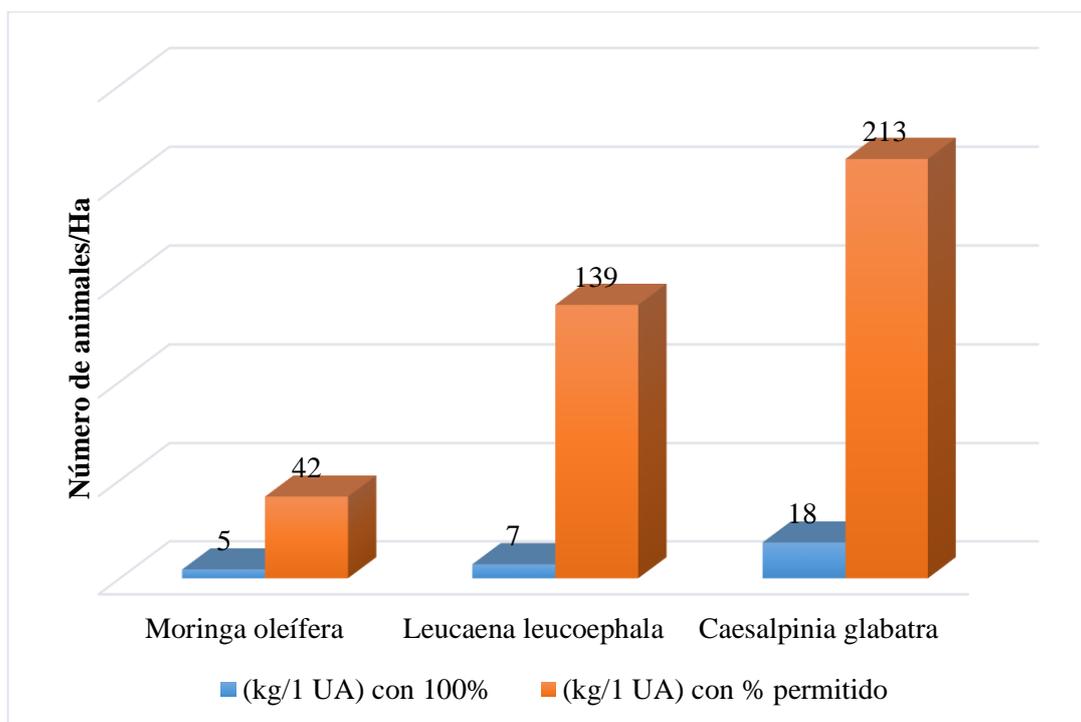


Figura 12. Carga animal anual en cada forraje en FF de 1 Ha



Figura 13. Superficie de la especie de *Moringa oleífera*



Figura 14. Superficie de la especie de *Leucaena leucocephala*



Figura 15. arbusto de *Caesalpinia glabrata*



Figura 16. Corte y pesaje de la moringa



Figura 17. Corte y pesaje de la leucaena



Figura 18. Corte y pesaje de cascol