

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**  
**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**  
**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**



**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO DE BECERROS  
POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO**

**Por**

**Efrén Cabrera Vega**

**TESIS**

**Presenta como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO ZOOTECNISTA**

**Saltillo, Coahuila, México**

**Diciembre 2022**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE CIENCIA ANIMAL**

**DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN ANIMAL**

**EFFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN SOBRE EL DESEMPEÑO DE BECERROS  
POSTDESTETE EN CONDICIONES DE PASTOREO EN TRÓPICO**

POR

**EFREN CABRERA VEGA**

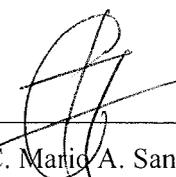
TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito para obtener el  
título de:

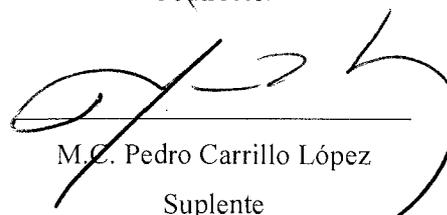
**INGENIERO AGRONOMO ZOOTECNISTA**

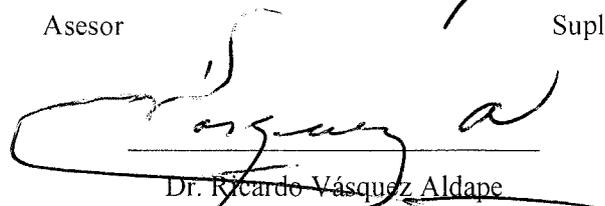
Aprobada por:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Joel Ventura Ríos  
Director

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Mario A. Santiago Ortega  
Codirector

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Fidel Peña Ramos  
Asesor

  
\_\_\_\_\_  
M.C. Pedro Carrillo López  
Suplente

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Ricardo Vázquez Aldape  
Coordinador de la División de Ciencia Animal

Saltillo, Coahuila, México

## AGRADECIMIENTOS

A mi ALMA TERRA MATER, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por permitirme alcanzar un sueño.

A mis profesores que gracias a ellos que tu vieron la amabilidad de compartir su conocimiento y formarme profesionalmente.

Al Dr. Joel Ventura Ríos y al M.C. Mario Alberto Santiago Ortega por formar parte impórtate en este trabajo de investigación.

Al CDT Tantakin- FIRA por recibirme y gracias al equipo de trabajo quienes con su apoyo logramos este proyecto.

Al M.C. Fidel Peña Ramos, por su apoyo en los análisis estadísticos de esta tesis.

A mis compañeros y amigos, Pablo Daniel, Marco Antonio, Danitza, Aldo Wicksell, Cristian, Edén, Otoniel, Fernanda, Rubén David, Richard, Pablo, Gilberto y Lázaro, con quiénes compartí grandes aventuras y la dicha de coincidir juntos en este gran camino y por su apoyo.

A mi novia, Jennifer Guadalupe Solís Mendoza por formar parte de este camino y motivarme a seguir mejorando siempre, apoyándome en cada momento y cada logro.

A la familia Rosas Guillen, al señor Miguel Ángel Rosas y esposa.

## DEDICATORIA

Este proyecto lo dedico principalmente a mis padres, Marcos Cabrera López y Reyna Vega Rosas; por el apoyo incondicional que me han brindado.

A mis hermanas, María Guadalupe, Fátima, Esmeralda, que son mi gran motivación de cada día, gracias por todo el apoyo.

A mi hermano; Everardo Cabrera Vega y Esposa e hijos por ser la guía que me llevo a lograr lo que hoy en día he conseguido.

Con amor, cariño y admiración para mis abuelos. Gracias por todo su apoyo. *Un abrazo hasta el cielo.*

## **CURRICULUM VITAE**

El autor nació el 21 de agosto de 1999 en Petatlán, Guerrero México.

2014 – 2017	Centro de Educación y Capacitación Forestal #01 Dr. Manuel Martínez Solórzano, Técnico Forestal.
Agosto –Diciembre, 2021	Prácticas profesionales. CDT Tantakin – FIRA, Tzucacab, Yucatán, México.
2017 – 2021	Estudios de Licenciatura. División de Ciencia Animal, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, Coahuila, México.

## DECLARATORIA DE NO PLAGIO

Saltillo, Coahuila, Diciembre 2022.

DECLARO QUE:

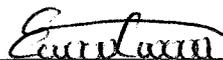
El trabajo de investigación titulado: "**Efecto de la suplementación sobre el desempeño de becerros postdestete en condiciones de pastoreo en trópico**" es una producción personal, donde no se ha copiado, replicado, utilizado ideas, citas integrales e ilustraciones diversas, obtenidas de cualquier tesis, obra intelectual, artículo, memoria, (en versión digital o impresa), sin mencionar de forma clara y exacta su origen o autor.

En este sentido, lo anterior puede ser confirmado por el lector, estando consciente de que en caso de comprobarse plagio en el texto o que no se respetaron los derechos de autor; esto será objeto de sanciones del Comité Editorial y/o legales a las que haya lugar; quedando, por tanto, anulado el presente documento académico sin derecho a la aprobación del mismo, ni a un nuevo envío.

NOMBRE DEL ALUMNO

Alicen Cabrera Vega

Nombre



Firma

# **Efecto de la suplementación sobre el desempeño de becerros postdestete en condiciones de pastoreo en trópico**

**Efrén Cabrera Vega**

## **RESUMEN**

El objetivo del presente experimento fue evaluar el comportamiento de becerros postdestete en condiciones de pastoreo suplementados con minerales y concentrado en base a su peso vivo. El estudio se realizó en Yucatán, México, durante los meses de septiembre a diciembre de 2020. El tratamiento 1 estuvo formado por 4 hembras y 4 machos y no recibieron concentrado durante el experimento. Tratamiento 2 estuvo formado por 4 hembras y 4 machos, recibieron solamente minerales biotecap durante el experimento. Tratamiento 3 estuvo formado por 4 hembras y 4 machos, recibieron solamente el 1% de concentrado en base a su peso vivo durante el experimento. Tratamiento 4 estuvo formado por 4 hembras y 4 machos, recibieron solamente el 1.5% de concentrado en base a su peso vivo durante el experimento. Se utilizó un diseño completamente al azar, con ocho repeticiones para evaluar la ganancia de peso y el peso vivo, con el procedimiento PROC GLM y se hizo una comparación de medias con la prueba Tukey ( $p < 0.05$ ). El tratamiento 3 mostro en promedio mayor ganancia de peso (GDP), siendo de 0.749 y 0.803 kg d<sup>-1</sup> para hembras y machos respectivamente, siendo diferente ( $p < 0.05$ ) al tratamiento 1, durante el experimento. Los animales del tratamiento 1, mostraron menor peso vivo al final del experimento ( $p < 0.05$ ). Se concluye que el 1% de concentrado en base al peso vivo es suficiente para incrementar la ganancia de peso en becerros postdestete en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

**Palabras clave:** concentrado, ganancia de peso, praderas, becerros.

## ABSTRACT

The objective of this experiment was to evaluate the performance of post-weaning calves under grazing conditions supplemented with minerals and concentrate based on their live weight. The study was carried out in Yucatán, Mexico, during the months of September to December 2020. Treatment 1 consisted of 4 females and 4 males and did not receive concentrate during the experiment. Treatment 2 consisted of 4 females and 4 males, they received only biotecap minerals during the experiment. Treatment 3 consisted of 4 females and 4 males, they received only 1% concentrate based on their live weight during the experiment. Treatment 4 consisted of 4 females and 4 males, receiving only 1.5% concentrate based on their live weight during the experiment. A completely randomized design was used, with eight repetitions to evaluate weight gain and live weight, with the PROC GLM procedure and a comparison of means was made with the Tukey test ( $p < 0.05$ ). Treatment 3 showed on average greater weight gain (GDP), being 0.749 and 0.803 kg d<sup>-1</sup> for females and males respectively, being different ( $p < 0.05$ ) from treatment 1, during the experiment. The animals from treatment 1 showed lower live weight at the end of the experiment ( $p < 0.05$ ). It is concluded that 1% concentrate based on live weight is sufficient to increase weight gain in post-weaning calves under grazing conditions in tropical pastures.

**Key words:** concentrate, weight gain, pastures, calves.

## ÍNDICE GENERAL

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>2</b>
1.1.1	Objetivo general.....	2
1.1.2	Objetivos particulares.....	2
<b>II.</b>	<b>REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1	Situación actual de la ganadería en el trópico mexicano .....	3
2.2	Producción de forrajes en condiciones de trópico.....	4
2.3	Estructura de la pradera.....	6
2.4	Tipos de pradera.....	7
2.5	Praderas Monófitas.....	8
2.6	Praderas Bífitas .....	8
2.7	Pradera polífitas .....	9
2.8	Bancos de proteína.....	10
2.9	Comportamiento animal y conducta ingestiva.....	11
2.10	Valor nutricional de los forrajes tropicales (C4).....	12
2.11	Importancia de los minerales en la producción animal .....	16
2.12	Contenido de minerales en los forrajes .....	18
<b>III.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
3.1	Localización del sitio experimental .....	20
3.2	Animales y manejo de potreros.....	21
3.3	Diseño experimental.....	24
3.4	Análisis estadístico.....	24
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSION.....</b>	<b>25</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>27</b>
<b>VI.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>28</b>

## I. INTRODUCCIÓN

La producción de carne de bovinos debe aumentar de 60 a 130 millones de toneladas proyectándose hacia el 2050 con el objetivo de alimentar a una población mundial en crecimiento y se espera que el 70% de esta producción provenga de regiones tropicales y subtropicales del mundo (Cooke *et al.*, 2020). La producción de bovinos de carne en condiciones de pastoreo es de gran importancia, debidos a los bajos costos de producción que representa, sin embargo, existe la desventaja de la baja calidad nutricional del forraje y la baja producción de biomasa en determinadas épocas del año (Garay *et al.*, 2020), reflejándose en bajas tasas de ganancia de peso en el animal (Mijares-López *et al.*, 2012).

La ganadería tropical de México es considerada como una de las principales actividades para la producción de carne y leche, basado mediante un sistema de producción de doble propósito, donde la raza *Bos indicus* predomina por su gran capacidad de adaptación a clima tropical y al pastoreo extensivo debido a su rusticidad y evolución a altas temperaturas, y humedad relativamente superior al 60%, así mismo, presentan resistencias a enfermedades e infecciones parasitarias (Sá Filho *et al.*, 2010b).

En México, la región tropical ocupa una superficie del 28% del territorio nacional (equivalente a 55 millones de hectáreas) (Calzada *et al.*, 2019), donde en la última década, se han introducido cultivares del género *Urochloa*, [antes *Brachiaria* (Cook y Schultze - Kraft, 2015)] y *Megathysus maximus* [Sin. *Panicum maximum*, (Simon y Jacobs, 2003)] para uso común en la alimentación animal, con el propósito de incrementar los índices de producción de carne. En sistemas de pastoreo la principal fuente de minerales para los animales es el forraje, pero estos a su vez proporcionan cantidades insuficientes de macro y micro minerales para satisfacer los requerimientos nutricionales, ocasionando una limitante en el desempeño y salud del animal afectando su productividad (McDowell y Arthington, 2005).

Los sistemas actuales de alimentación en rumiantes bajo condiciones de praderas tropicales y apoyados con suplementación energética, proteica y mineral, permiten satisfacer los requerimientos nutricionales del animal, tanto en cantidad como en calidad, logrando incrementar la ganancia diaria de peso y obtener mayores rendimientos de carne por hectárea, además, se mejora la eficiencia del aprovechamiento del forraje por unidad de área (Vendramini y Moriel, 2018)

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Evaluar el desempeño productivo de becerros postdestete en condiciones de pastoreo a diferentes niveles de suplementación en base a su peso vivo.

### **1.1.2 Objetivos particulares**

Comparar la ganancia diaria de peso de hembras y machos en becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

Evaluar el peso vivo en becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Situación actual de la ganadería en el trópico mexicano

La ganadería en México representa una de las principales actividades del sector agropecuario en el país, debido a que se desarrolla en diversas condiciones agroecológicas que dan origen a varios sistemas de producción, desde un sistema altamente tecnificado y especializado en el norte del país, sistemas de doble propósito en zona tropical y subtropical del país y sistemas familiares en el altiplano central (Absalón-Medina *et al.*, 2012; SIAP-SAGARPA, 2013).

México ocupa el octavo lugar a nivel mundial en la producción de bovinos con un inventario de más de 33 millones de cabezas, la cual se mantiene en una superficie de 147 millones de ha (equivalentes al 73% del territorio nacional). Las regiones ganaderas de nuestro país están divididas en tres: zonas áridas y semiáridas que representan el 20.3% del hato nacional, mientras que la zona templada el 16.2% y zonas tropicales 63.5%. Los principales estados productores de bovino de carne son: Veracruz, Jalisco, San Luis Potosí, Sinaloa y Chiapas y los principales productores de bovino de leche son: Jalisco, Coahuila, Durango, Chihuahua y Guanajuato (SIAP- SAGARPA, 2020).

La ganadería del trópico se caracteriza por el sistema de producción de doble propósito, que se ha desarrollado bajo el sistema de pastoreo extensivo y es considerado como una de las actividades principales para la producción de leche y carne (Orantes *et al.*, 2010). El sistema de producción de doble propósito cobra especial importancia ya que el área tropical de México abarca 51.3 millones de hectáreas (equivalente al 26.2% del territorio nacional). De esta superficie 19 millones de hectáreas se dedican a la producción pecuaria, donde pastorean aproximadamente, 12 millones de bovinos (40% del inventario nacional), que producen 15% y 39% de leche y carne respectivamente, que se consume en México (Robledo, 2018).

Las zonas tropicales de México se asocian con costos bajos de producción por el uso estratégico de los recursos disponibles y por la oferta de forrajes que es abundante y estacional en ciertas épocas del año, lo cual favorecen explotar la producción de leche y

carne a un menor costo que los estados del norte del país (Absalón-Medina *et al.*, 2012b; Aguilar-Pérez *et al.*, 2011).

El ganado que predomina en la región tropical y subtropical son razas Cebuinas como: *Bos indicus* (Brahman, Nelore, Guzerat, Gyr) o sus cruzas con *Bos taurus* como Holstein y Pardo Suizo para la producción de leche y Charolais o Simmental para incrementar la ganancia diaria de peso en becerros (Martínez *et al.*, 2002; Aranda-Ávila *et al.*, 2010). La raza *B. indicus* predomina por su gran capacidad de adaptación a clima tropical y al pastoreo extensivo debido a su rusticidad y evolución en altas temperaturas, y humedad relativamente superior al 60%, así mismo, presentan resistencias a enfermedades e infecciones parasitarias (Sá Filho *et al.*, 2010b).

## **2.2 Producción de forrajes en condiciones de trópico**

En las regiones tropicales, los pastos y forrajes son la principal fuente de alimentación para el ganado bovino. Considerándose la fuente de nutrimentos más barata que se puede producir en estas zonas cuyo aprovechamiento racional ayuda a transformar ese producto en leche y carne (Cruz *et al.*, 2017). En México, la región tropical ocupa una superficie del 28 al 33% del territorio nacional (equivalente a 55 millones de hectáreas), de las cuales las gramíneas nativas ocupan el 55% a 65% del territorio, siendo especies de los géneros *Paspalum* y *Axonopus*. Estos pastos generalmente tienen una producción baja de materia seca y comportamiento estacional, que se suma a un bajo valor nutritivo, lo cual impide elevar la productividad del animal (Rojas *et al.*, 2018).

Del año 2004 al 2020 se han introducido año con año diferentes especies y cultivares de los géneros: *Urochloa*, como pasto Insurgente, Mulato, *Megathysus maximus* como cultivares mombaza, tanzania, pastos de corte de la especie *Cenchrus purpureus* Schumach, morrone, al igual pastos pangola (*Digitaria eriantha* Steud) y pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*). Todas estas especies y cultivares tienen mayor capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas y manejo de las mismas dando como resultado mayor producción de forraje y calidad nutricional con relación a las gramíneas nativas, lo cual han ido mejorando la productividad de los forrajes y producción ganadera de las zonas tropicales (Enríquez *et al.*, 2021). En esta zona existe también una amplia gama de agroecosistemas que permite producir animales bajo condiciones de pastoreo con praderas

de gramíneas puras o asociadas con leguminosas o solamente leguminosas aprovechadas como bancos de proteína (Rusdy *et al.*, 2019).

En las regiones tropicales de México el crecimiento de las plantas está definido por tres épocas del año: 1) época de lluvias, de junio a octubre, cuando la precipitación y temperatura favorecen el crecimiento de las plantas; 2) época de nortes, de noviembre a febrero, disminuye el crecimiento de la mayoría de las especies forrajeras debido a la alta nubosidad y baja temperatura; 3) época seca, de marzo a mayo, la productividad de las plantas disminuye drásticamente debido a la escasez de lluvia (Muñoz-González *et al.*, 2016). Según Jarillo-Rodríguez *et al.* (2011), la época del año es el principal factor que afecta la calidad nutritiva del forraje, en temporada de lluvias, hay alta producción de forraje y aumento en el contenido de pared celular de la planta, con lo que disminuye el contenido de proteína y la digestibilidad de la pared celular y en época seca se reduce la disponibilidad de forraje.

Hay una marcada estacionalidad en la producción de forraje, correspondiendo de 65 a 70% a la época de lluvias, de 13 a 21% a la de nortes y de 8 a 14% a la época seca (Martínez *et al.*, 2008). La variabilidad en la disponibilidad de forraje a través del año, trae como consecuencia inestabilidad en la producción animal en pastoreo, sobre todo en animales en crecimiento y desarrollo haciendo dicho sistema ineficiente, ante tal situación es importante buscar otras alternativas de suplementación para satisfacer las necesidades del animal, tanto en cantidad como en calidad (Barros *et al.*, 2003).

McDowell y Arthington, (2005) propusieron alternativas para la deficiencia de minerales en los forrajes bajo condiciones específicas de pastoreo, todas estas alternativas requieren una evaluación dependiendo de las fuentes de alimentación, agua, suelo, forraje y suplementos. Estudios realizados en México por Vieyra *et al.* (2013) mencionaron la importancia de la evaluación mineral para conocer los desbalances minerales ya que los factores relacionados con la planta y el suelo pueden dañar la concentración y disponibilidad de minerales provocando un desequilibrio en los requerimientos de los animales.

### 2.3 Estructura de la pradera

La producción anual de forrajes en México, es de 183 millones de toneladas de materia seca. El 43% se produce en praderas, el 29% en pastizales nativos, el 24% de obtiene de esquilmos agrícolas y el 4.9% por cultivos forrajeros. Los pastos nativos, como las praderas aportan la mayor cantidad de forraje con un 71% del forraje total que corresponde a 136 millones de toneladas; sin embargo, solo se debe de utilizar un máximo de 60% (82 millones de toneladas) de este recurso, considerando un manejo adecuado (Enríquez *et al.*, 2021).

Actualmente la ganadería tropical en México cuenta con una amplia diversidad de ecosistemas con elevado potencial para la producción de carne y leche. Las especies forrajeras tropicales que forman praderas puras a base de gramíneas o leguminosas o asociaciones gramíneas leguminosas (ej. *Leucaena leucocephala* y *Urochloas* o *Megathyrsus*) y bancos de proteína permiten incrementar la ganancia diaria de peso o incrementar la producción de leche.

Los componentes morfológicos en la planta son importantes, donde destaca la Relación-Hoja-Tallo (RHT), el cual es un factor determinante en la dieta de los rumiantes, permitiendo evaluar la tasa de conducta ingestiva y la calidad del forraje, ya que, de alguna manera, entre más porcentaje de hojas tenga el forraje es más deseable por el animal por su contenido elevado de proteína cruda (Annicchiarico *et al.*, 2010). La RHT es la proporción de hojas respecto de la proporción de tallos que una planta forrajera tiene en un determinado momento (Martín *et al.*, 2014).

La RHT se obtiene de dividir la biomasa de la hoja entre el tallo y está en función de la disposición de estos componentes dentro de la estructura de la biomasa aérea de la planta, el cual nos permite tomar decisiones de manejo para la estimación de la calidad forrajera en un momento dado, así, como lograr por comparación entre la R-H-T de diferentes especies forrajeras para un mismo estado fenológico y aprovecharla en el mejor momento (Leal *et al.*, 2009).

## 2.4 Tipos de pradera

Las praderas son un tipo de vegetación donde predominan los pastos o gramíneas, considerándose la fuente principal de alimentación de los rumiantes en unidades ganaderas y son la forma más económica para la producción de carne en los sistemas tropicales de México (Carlier, 2010). Sin embargo, la producción animal es baja, con ganancias de peso de  $0.485 \text{ kg animal}^{-1} \text{ día}^{-1}$  (Huerta, 1993). Las praderas se pueden establecer con una sola especie como praderas puras (simple o monófitas), o bien praderas asociadas dobles (bífitas) o compuestas (polífitas) (Vergara, 2016).

Para un uso y aprovechamiento adecuado de praderas puras o asociadas, se requiere conocer la distribución estacional del rendimiento, así como las especies forrajeras a utilizar y su respuesta al pastoreo, corte o defoliación. La tasa de crecimiento de una especie forrajera responde a la temperatura ambiental y a la precipitación, lo cual determina el rendimiento de materia seca (MS) tanto estacional como anual (Lemaire, 2001). La asociación de especies forrajeras también afecta al rendimiento total de MS, distribución estacional y la contribución de cada una de las especies, por lo que es necesario conocer su proporción en la pradera (Karsten y Carlassare, 2002).

El establecimiento de praderas puras o asociadas de mayor rendimiento y mejor calidad nutricional de forrajes permite disminuir los costos de producción cuando se utilizan dietas balanceadas con granos y aseguran elevar los parámetros de producción de carne y leche (Camacho y García, 2003). Por otro lado, uno de los objetivos principales de todo sistema de producción de bovinos en pastoreo en praderas puras o asociadas, es cubrir los requerimientos nutricionales de los animales y mantener una alta y sostenida producción de forraje de buena calidad a lo largo del año, la cual se puede lograr evaluando el potencial de rebrote de las asociaciones de gramíneas y leguminosas presentes y su adaptación a las condiciones edafoclimáticas (Moreno-Carrillo, *et al.* 2015).

## 2.5 Praderas Monófitas

Las praderas puras o monófitas son aquellas que están conformadas por una sola especie forrajera, ya sea gramínea o leguminosa (Hill *et al.*, 2009). En el caso de pastos perennes en zonas tropicales se encuentran praderas de festuca (*Festuca arundinacea* Schreb.) (Dougherty y Cornelius, 1999), insurgente (*Urochloa brizantha* (A. Rich.) Stapf.), señal (*Urochloa decumbens* Stapf.), mulato (*Urochloa ruziziensis* (Germ. & C.M. Evrard)) (Rojas *et al.*, 2011), guinea (*Meghatyrsus máximus* Jacq.), *Meghatyrsus máximus* cv Tanzania, *Meghatyrsus máximus* cv Mombaza pangola (*Digitaria decumbens* Stent.), estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst.) (Cruz *et al.*, 2011).

El beneficio de establecer praderas con una sola especie es que se puede estimar una producción de forraje en un tiempo determinado. Al respecto, Sanderson *et al.* (2005) señalan que el mayor problema en praderas puras, es la distribución estacional de su producción, que se ve afectada por diversos factores climáticos, ya que el crecimiento de la planta está determinado por la temperatura y la radiación solar, debido a que desempeñan un papel fundamental en la fotosíntesis. Esto provoca que la producción de forraje sea menor en determinadas épocas del año, y una elevada producción al inicio de la estación de crecimiento de las plantas, por lo que en épocas de escasez de forraje obliga a que los productores utilicen suplementación alimenticia para el ganado y mantener una carga animal superior en las épocas de máxima producción (Lemaire, 2001).

## 2.6 Praderas Bífitas

Las asociaciones que incluyen dos especies se denominan dobles o bífitas y pueden incluir dos gramíneas o una gramínea y una leguminosa (Ramírez *et al.*, 2003). En zonas tropicales se establecen praderas de pasto estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) con guaje (*Leucaena leucocephala*) o con maní forrajero (*Arachis pintoi*) (Sangínez, 2002). Otra asociación utilizada con el guaje (*Leucaena leucocephala*) y pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.) o con guinea (*Panicum máximum* Jacq.), también pasto señal (*Urochloa decumbens*) con clitoria (*Clitoria ternatea* L.) (Bacab *et al.*, 2012).

En praderas bífitas, donde se emplea una leguminosa y una gramínea, la proporción de la leguminosa generalmente va de 30 a 40% y la de la gramínea de 60 a 70%, debido a

que algunas leguminosas proliferan rápidamente y tienden a desplazar a los pastos a medida que se pastorean con el tiempo (Castro *et al.*, 2011).

De acuerdo con Zaragoza *et al.* (2009), la asociación de leguminosas con gramíneas permite incrementar la productividad de la pradera, mejorando el rendimiento, la distribución estacional y calidad nutricional del forraje, que a su vez beneficia al animal con mayor aporte de proteína y energía en su dieta, mejorando las ganancias diarias de peso, producción de leche y carne, también hay mayor intercepción de luz, se mejora la fertilidad de la pradera aportando mayores cantidades de nitrógeno tanto para el suelo como para las gramíneas, esto se debe al mayor aporte de nitrógeno atmosférico. (Lüscher *et al.*, 2014).

## 2.7 Pradera polífitas

Las asociaciones compuestas o polífitas se integran de tres o más especies. En el caso de las triples, pueden estar formadas solo por gramíneas, pueden ser el pasto llanero (*Andropogon gayanus* Kunth), tanzania (*Meghatyrsus maximus*) e insurgente (*Urochloa brizantha*), otra opción, el pasto ruzi (*B. ruziziensis*), paspalum (*Paspalum atratum* Swallen) y Tanzania (*Meghatyrsus maximus*) (Hare *et al.*, 2009). Otra forma de asociación se da cuando se utilizan dos leguminosas y un pasto, como la canavalia (*Canavalia brasiliensis* Benth.) y guaje (*Leucaena leucocephala*) con el pasto mulato (*Urochloa* sp.) o desmanto (*Desmanthus illinoensis* (Michx.) MacMill.) y guajillo (*Desmanthus virgatus* (L.) Wild.) con el pasto Klein (*Panicum coloratum* L.) (Cárdenas *et al.*, 2007).

Otro tipo de asociación es el pasto mulato (*Urochloa decumbens*) y llanero (*Andropogon gayanus*) con la leguminosa stilo (*Stylosanthes guianensis* (Aubl.) o las leguminosas pega pega (*Desmodium intortum*) y centro (*Centrosema pubescens* Benth.) con diversas gramíneas. Especies de leguminosas como la soya perenne (*Neonotonia wightii*), siratro (*Macroptilium atropurpureum*), clitoria (*Clitoria ternatea* L.), guaje (*L. leucocephala*) y maní forrajero (*Arachis pintoi*) son ampliamente utilizadas en la alimentación de bovinos para la producción de leche o carne, ya sea como praderas puras o asociadas (Ruiz *et al.*, 2005). Las asociaciones de más de cuatro especies generalmente incluyen especies nativas, ya que estas no compiten en el rendimiento de forraje con las especies introducidas.

En algunas asociaciones compuestas, las proporciones tienden a favorecer a la leguminosa con 40% y las dos gramíneas asociadas con el 30% cada una (Castro *et al.*, 2011). En otras asociaciones se emplea 45% de la leguminosa, 23% de pasto y 20% de especies nativas (Camacho y García, 2003). Los porcentajes de cada especie en la pradera son modificados según la dinámica de su uso durante los pastoreos y depende de las especies utilizadas y sus características.

Los rangos de adaptación a temperaturas menores que 10 °C o mayores que 30 °C hacen de las praderas compuestas la mejor opción cuando se emplean especies combinadas C3 y C4, pues esto las vuelve menos vulnerables a los cambios climáticos (Vergara, 2016). Este tipo de praderas se caracterizan por sus diferentes patrones de crecimiento, diferentes patrones de preferencia, diferentes frecuencias de pastoreo, diferentes severidades de pastoreo, tienen mayor aprovechamiento del agua, mayor resistencia a plagas y enfermedades y mayor producción a través del año, esto depende de las leguminosas y gramíneas establecidas en la pradera (Sturludóttir *et al.*, 2014).

En praderas asociadas con más de dos especies, Sanderson *et al.* (2005) detectaron que en la época húmeda no hubo diferencias en producción de forraje entre asociaciones, con un promedio de 9800 kg de Ms ha<sup>-1</sup>, pero durante la época de estiaje las praderas con dos especies asociadas produjeron menor cantidad de forraje que las asociaciones con más de 6 especies (4800 vs. 7600 kg de Ms ha<sup>-1</sup>). Por lo tanto, el rendimiento en praderas monófitas y bífitas es menor que en las praderas polífitas.

## **2.8 Bancos de proteína**

Son unidades de producción con altas densidades de siembra donde se establecen herbáceas, árboles o arbustos forrajeros que contengan alto contenido de proteína cruda que permitan aumentar la producción animal, ofreciendo una biomasa con alta calidad nutricional y digestibilidad aceptable. El forraje puede ser cosechado y llevado a los animales en un sistema de corte y acarreo o puede ser aprovechado mediante pastoreo directo por los animales por 1 a 2.5 h por día. Un banco de proteína nos permite suplementar a los rumiantes en épocas de estiaje (Navas, 2010).

En las regiones tropicales las leguminosas empleadas en los bancos de proteína, destacan especies como el guaje (*Leucaena leucocephala*), cratylia (*Cratylia argentea*), matarratón (*Gliricidia sepium*), clitoria (*Clitoria ternatea* L.), kudzú (*Pueraria phaseoloides*), maní (*Arachis pintoi*), anaco rojo (*Erythrina poeppigiana*), botón de oro (*Tithonia diversifolia*), guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y madero negro (*Gliricidia sepium*) (Ruiz *et al.*, 2015; Arguello-Ranguel *et al.*, 2019).

## 2.9 Comportamiento animal y conducta ingestiva

La definición de "comportamiento animal" es todo lo que hace un animal para promover acciones y reaccionar ante estímulos, por ende, el comportamiento de los animales domésticos depende de factores ambientales, así mismo, por la especie animal, dado que algunos son más selectivos que otros en su hábito de consumo (Dias-Silva y Abdalla-Filho, 2021).

La conducta ingestiva de los animales hace referencia a la secuencia de actividades que realiza para la obtención de nutrientes para su mantenimiento y productividad. Según Guimarães (2007), los componentes del comportamiento ingestivo o conducta ingestiva en rumiantes son los tiempos de pastoreo, rumia, bebida, ocio, tasa y masa del bocado, siendo la masa del bocado el primer componente en ser afectado cuando los bovinos sufren alteraciones en la oferta de alimento, sobre todo por factores físicos y fisiológicos (Gordon y Prins, 2008).

Como se ha documentado, los rumiantes generalmente seleccionan los alimentos en función de su calidad nutricional, y se basa en la asociación entre los componentes sensoriales del alimento, sus capacidades adaptativas (estructuras anatómicas de los animales y las consecuencias postingestivas) y a la cantidad de alimento disponible. (Dias-Silva y Abdalla-Filho, 2021). El pastoreo selectivo determina que el animal pueda maximizar la ingesta de nutrientes y elevar los niveles de producción, porque pueden escoger de manera efectiva y eficiente las plantas.

Al respecto, Hodgson *et al.* (1990) definieron que el pastoreo se distribuye en dos periodos uno al amanecer y otro al atardecer, ocupando 6 a 11 h por día. En la Figura 1 se

explica la capacidad de ingesta diaria de forraje la cual está en función del tiempo de pastoreo y de la tasa de consumo de forraje durante este período. Por lo tanto, el consumo diario es resultado del número de bocados por unidad de tiempo (tasa de bocado) y la cantidad de forraje consumido por bocado (masa de bocado) (Hodgson, 1990), mientras que la masa de bocado en rumiantes en pastoreo involucra profundidad de bocado, área de bocado y volumen de bocado Figura 2 (Boval y Sauvant, 2019).

En cuanto al tiempo de rumia, se ha observado que los animales adultos dedican aproximadamente 8 h por día con variaciones entre 4 y 9 h, divididas en 15 a 20 períodos (Van Soest, 1994); sin embargo, el tiempo de rumia es influenciado por la naturaleza de la dieta y parece ser proporcional a la cantidad de paredes celulares presentes en el forraje y a otros factores, especialmente el tamaño de partícula de la dieta (Van Soest, 1996).

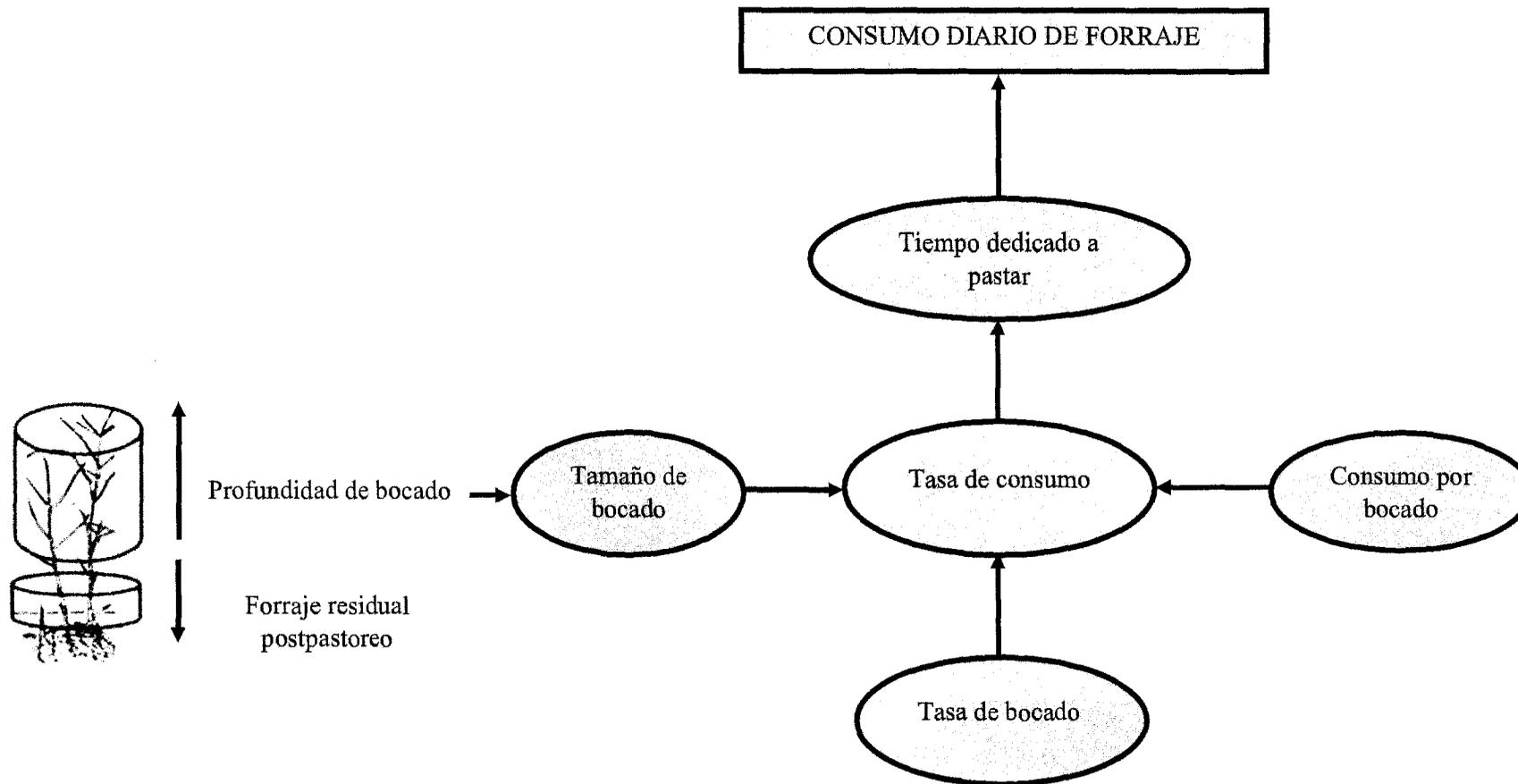
Con relación a las pasturas, la altura, la densidad, las partes de la planta, composición botánica y la disponibilidad, son factores que afectan la ingesta y digestión de las plantas forrajeras que influyen directamente en el comportamiento ingestivo del animal. El tiempo de pastoreo diario de un bovino, varía entre 8 a 10 h con una tasa de bocados de 35 a 45 bocados por minuto, mientras que en épocas de sequía las horas de pastoreo aumentan y el número de bocados disminuye, esto debido a la baja disponibilidad de forraje (Suarez *et al.*, 2011).

## **2.10 Valor nutricional de los forrajes tropicales (C4)**

Los pastos tropicales (C4) son de gran importancia en la producción de forrajes y en América Tropical, ocupan más de 80 millones de hectáreas (Boddey *et al.*, 2004). Las plantas tropicales C<sub>4</sub> son de gran interés por la importancia de su eficiencia en el uso del agua comparadas con las plantas C<sub>3</sub> (Long, 1999). En general muestran muy buena adaptación a los climas cálidos tolerando altas temperaturas de 35° C hasta 39° C, esto debido a su mecanismo de concentración de CO<sub>2</sub> del ciclo C<sub>4</sub>, que les permite realizar fotosíntesis en condiciones estomáticas de baja conductancia. Aunque solo el 3% de las especies de angiospermas son plantas C<sub>4</sub>, contribuyen a aproximadamente el 25% de la producción mundial terrestre (Still *et al.*, 2003).

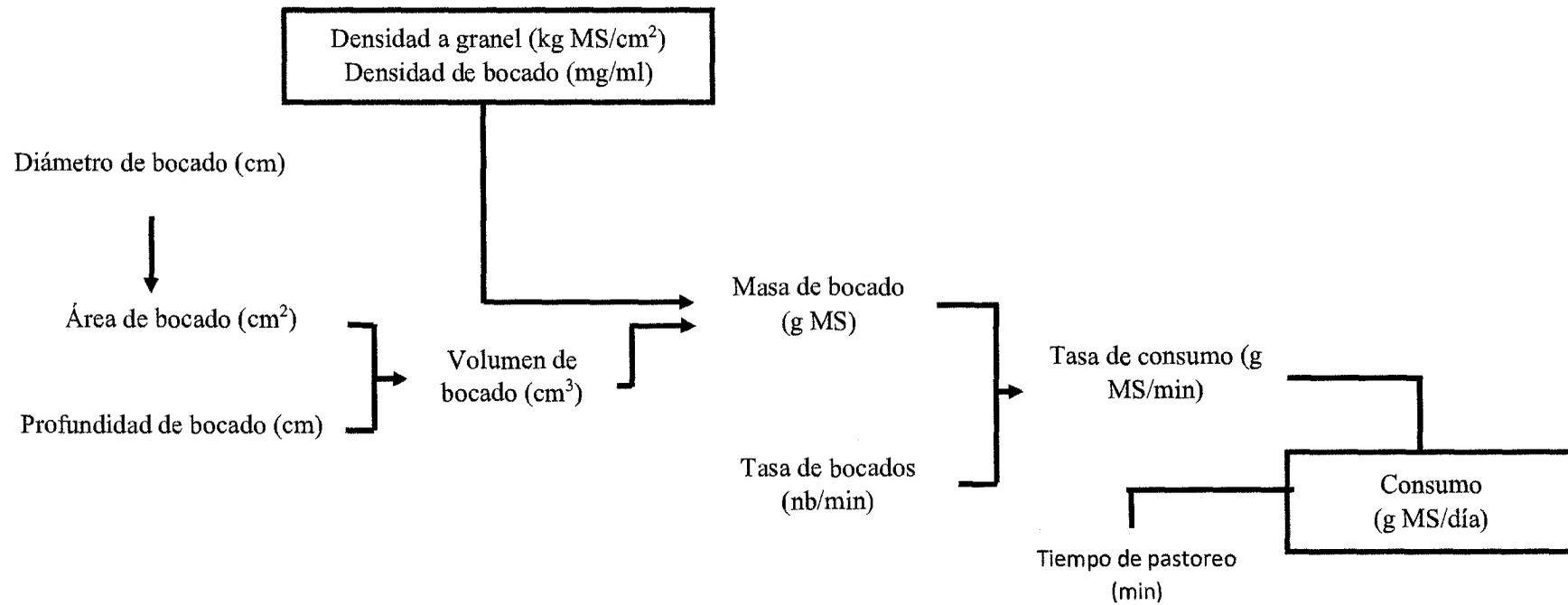
Las plantas del género *Megathyrsus* se caracterizan por su gran potencial de producción de biomasa y calidad nutricional (Medinilla, 2012). La especie (*M. maximus*) es

utilizada en el trópico para alimentar el ganado, se caracteriza por su fácil establecimiento (Munari *et al.*, 2017) buen rebrote, buen tamaño de lámina foliar, buena relación hoja:tallo y por su alto rendimiento de biomasa ( $22.8 \text{ t MS ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ) (Patiño *et al.*, 2018). Su contenido nutrimental es de 11% de proteína cruda (PC), 41% de fibra detergente ácido (FDA), 68% de fibra detergente neutro (FDN), 1.6% de extracto etéreo, además contiene cenizas (13.4%), calcio (0.29%) y fósforo (0.26%) (Molina *et al.*, 2015).



**Figura 1.** Componentes de la conducta ingestiva.

Fuente: Hodgson (1990).



**Figura 2.** Relación funcional entre los principales componentes de la conducta ingestiva.

Fuente: Boval y Sauvant (2019)

Los pastos del género *Urochloa* son pastos que presentan características productivas deseables como: mayor rendimiento de biomasa por unidad de superficie (Calzada *et al.*, 2019), excelente adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas (Baptistella *et al.*, 2020) y composición química adecuada (Avelino *et al.*, 2020), de tal modo que en la última década han sido introducidos para mejorar la calidad y producción de forraje incrementando los niveles de producción de carne y leche en zonas tropicales.

Debido a su hábito de crecimiento y calidad nutricional los pastos del género *Urochloa*, son importantes en la producción animal. Al respecto, al evaluar 10 especies de pastos tropicales, Vendramini *et al.* (2010) reportaron que, el pasto Mulato II (*Urochloa spp.*) puede alcanzar hasta 670 g kg<sup>-1</sup> de digestibilidad *in vitro*. En este sentido, se han reportado valores de 640 a 700 g kg<sup>-1</sup> para la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica y valores de 100 a 180 g kg<sup>-1</sup> para proteína cruda (Inyang *et al.*, 2010b) y con un rendimiento de biomasa de 11 a 15 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Garay *et al.*, 2017).

En los últimos años se ha venido evaluando un nuevo híbrido del género *Urochloa* conocido como pasto Mavuno, es un cultivar con potencial para ser utilizado como forraje en regiones tropicales, teniendo un rendimiento de biomasa de 11 t ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, digestibilidad *in vitro* de materia orgánica de 644 g kg<sup>-1</sup> y una cantidad de proteína de 111 g kg<sup>-1</sup>, que son valores similares a los obtenidos del pasto Mulato II (Da Silva *et al.*, 2020), por lo tanto, puede ser una alternativa para la producción de forraje.

En general, la constitución de los pastos está determinada por los componentes químicos de la pared y su contenido celular. En las gramíneas la celulosa y hemicelulosa representan el 70% del total de biomasa, mientras que el contenido de extracto etéreo (1.8%) y lignina puede variar del 2 al 30%, dependiendo del método de evaluación (van der Weijde *et al.*, 2013).

## **2.11 Importancia de los minerales en la producción animal**

Los minerales se consideran como el tercer grupo de nutrientes limitante en la producción animal y su importancia radica en que son necesarios para la transformación de los alimentos en componentes del organismo o en productos animales. En general los bovinos requieren de 15 elementos minerales para llevar a cabo una adecuada nutrición y

asegurar una eficiente productividad, de los cuales son 7 macrominerales: Calcio (Ca), Fósforo (P), Potasio (K), Sodio (Na), Cloro (Cl), Magnesio (Mg) y Azufre (S), y 8 microminerales: Cobalto (Co), Cobre (Cu), Yodo (I), Hierro (Fe), Manganeso (Mn), Molibdeno (Mo), Selenio (Se) y Zinc (Zn), entre otros. (Salamanca, 2010).

Los microminerales, también llamados minerales traza son elementos esenciales en cantidades muy pequeñas (menos de 100 mg/Kg MS), que son necesarios para el funcionamiento normal de todos los procesos bioquímicos básicos en el cuerpo del animal, además, forman parte de numerosas enzimas y coordinan un gran número de procesos biológicos, y en consecuencia son esenciales para mantener la salud y la productividad de los animales. Una nutrición óptima, con niveles adecuados de minerales traza, garantiza el correcto funcionamiento del organismo, entre las más importantes son estructurales, fisiológicos, catalíticos y reguladores (Suttle y Underwood, 2010).

Los minerales traza deben proporcionarse al ganado en concentraciones y condiciones óptimas y de acuerdo con los requisitos del animal ya que cambian durante la etapa crecimiento y desarrollo y el ciclo de producción. Es bastante difícil justificar el término “requisitos” para minerales traza de la misma manera que lo es para energía, proteínas o aminoácidos. Requisitos para los minerales son difíciles de establecer y la mayoría de las estimaciones se basan en el nivel mínimo requerido para superar un síntoma de deficiencia y no necesariamente para promover la productividad (Close, 2006).

Las funciones generales de los minerales dentro del organismo del animal son: conformación de la estructura ósea y dental (Ca, P y Mg), equilibrio ácido-básico y regulación de la presión osmótica (Na, Cl y K), sistema enzimático y transporte de sustancias (Zn, Cu, Fe y Se), reproducción (P, Zn, Cu, Mn, Co, Se y I), y sistema inmunológico (Zn, Cu, Se y Cr), mientras que las funciones de los minerales con los microorganismos ruminales son: procesos energéticos y de reproducción celular (P), son activadores de enzimas microbianas (Mg, Fe, Zn, Cu y Mb), producción de vitamina B12 (Co), digestión de la celulosa, asimilación de nitrógeno no proteico (NNP) y síntesis de vitaminas del complejo B (S), y procesos metabólicos (Na, Cl y K) (Salamanca, 2010).

En los sistemas intensivos se provee a los animales en cantidades adecuadas de minerales trazas para satisfacer las necesidades de los animales, fundamentalmente para maximizar salud y productividad. Desde una perspectiva de nutrición general, es bueno incluir premezclas minerales en el concentrado de los animales ya que tiene grandes beneficios, sobre todo porque la relación costo-beneficio se ve favorecida, y mantiene un estatus saludable en el hato ganadero (López-Alonso, 2012).

## **2.12 Contenido de minerales en los forrajes**

En los sistemas de pastoreo en zonas tropicales, la principal fuente de minerales para los animales es el forraje, pero estos a su vez proporcionan cantidades insuficientes de macro y micro minerales para satisfacer los requerimientos nutricionales, ocasionando una limitante en el desempeño y salud del animal y afectando la ganancia diaria de peso (McDowell y Arthington, 2005).

La composición mineral de los forrajes varía de acuerdo a numerosos factores, entre los cuales se destacan el estado vegetativo, las diferencias entre especies y aún entre variedades, el suelo, la fertilización, el clima, periodo, componentes morfológicos de la planta, sanidad de la planta, la frecuencia de defoliación, el sistema de pastoreo, la digestibilidad, el retorno de los minerales al suelo, la estructura de la pastura, el método de conservación del forraje, entre otras variables (Soetan *et al.*, 2010).

Como se ha documentado en diversos estudios en rumiantes conducidos en el mundo, la deficiencia de minerales tiene varios efectos, por ejemplo, provocar la enfermedad del musculo blanco en corderos, hipocalcemia, síndrome del becerro débil, problemas de lactancia, laminitis, abortos, infertilidad, tetania, osteoporosis, síndrome de pica, anemia, etc. (López-Alonso, 2012; Yasothai, 2014), repercutiendo en el desempeño de los animales (Salamanca, 2010) y en ocasiones provocando la muerte (Valdés-Arjona *et al.*, 2019).

McDowell *et al.* (1992) argumentan que el contenido de minerales en forrajes en condiciones tropicales es bajo o bien puede estar ausente, ejemplo de ellos son: Ca, P, Na, Co, Cu, I, Se y Zn. Por otro lado, en algunas regiones, bajo condiciones específicas sobre todo del suelo, el Mg, K, Fe y Mn pueden ser deficientes, mientras que también se pueden encontrar excesos de F, Mo y Se, los cuales son considerados tóxicos.

Diversos estudios se han conducidos en regiones tropicales y subtropicales de México para evaluar la concentración mineral, por ejemplo, Muñoz *et al.* (2014) reportan concentraciones de minerales en diferentes especies de gramíneas en el sureste de México en el orden de 0.36, 0.27, 0.13, 1.66, 0.2% de Ca, Mg, Na, K y P, respectivamente, y de 6.18, 274.25, 36.5 ppm de Cu, Fe y Zn, respectivamente, destacando niveles altos de Fe y niveles bajos de Cu y P, respecto al requerimiento de los bovinos.

Concentraciones insuficientes de P, Cu, Zn y Se en forrajes tropicales fueron reportadas en otras regiones del país (Castañeda, 2012), aunque las deficiencias de Cu y Se suelen corresponder a suelos alcalinos y por antagonismo con altos niveles de Fe, S y Mo (Suttle y Underwood, 2010).). Por otro lado, se ha señalado que en la zona oriente del estado de Yucatán, los pastos son deficientes en fosforo, cobre, cobalto, zinc y selenio, así mismo, se han encontrado excesos de fierro y manganeso (Millan *et al.*, 1990). Al respecto, McDowell y Arthington (2005) argumentan que la evaluación del estado mineral en el ganado y las fuentes de donde se adquieren estos elementos (agua, suelo y forraje), permiten proponer alternativas para la corrección de las deficiencias bajo condiciones específicas para mejorar las estrategias de nutrición del ganado bovino.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Localización del sitio experimental

El estudio se realizó en las instalaciones del Centro de Desarrollo Tecnológico (CDT) “Tantakin” propiedad de Fideicomisos Instituidos con Relación a la Agricultura (FIRA), Ubicado en el municipio de Tzucacab localizado en la región sur del estado de Yucatán, ( $19^{\circ} 38'$  y  $20^{\circ} 09'$  LN y  $88^{\circ} 59'$  y  $89^{\circ} 14'$  LO); a 36 msnm, la zona presenta un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano y con un porcentaje de lluvia invernal menor a 5. Los vientos predominantes soplan en dirección este y sureste. En la localidad se concentra un rango anual de precipitación entre 1000-1200 mm. La vegetación es de tipo selva mediana subperennifolia, desarrollada sobre suelo calizo y cubriendo un 60% del territorio de la Península (Flores y Espejel, 1994). La temperatura mínima fue de  $17^{\circ}\text{C}$ , mientras que la máxima de  $35.8^{\circ}\text{C}$ , las cuales se presentaron en el mes de diciembre y septiembre, respectivamente. Durante el experimento la precipitación acumulada fue de 525.7 mm (Figura 1).

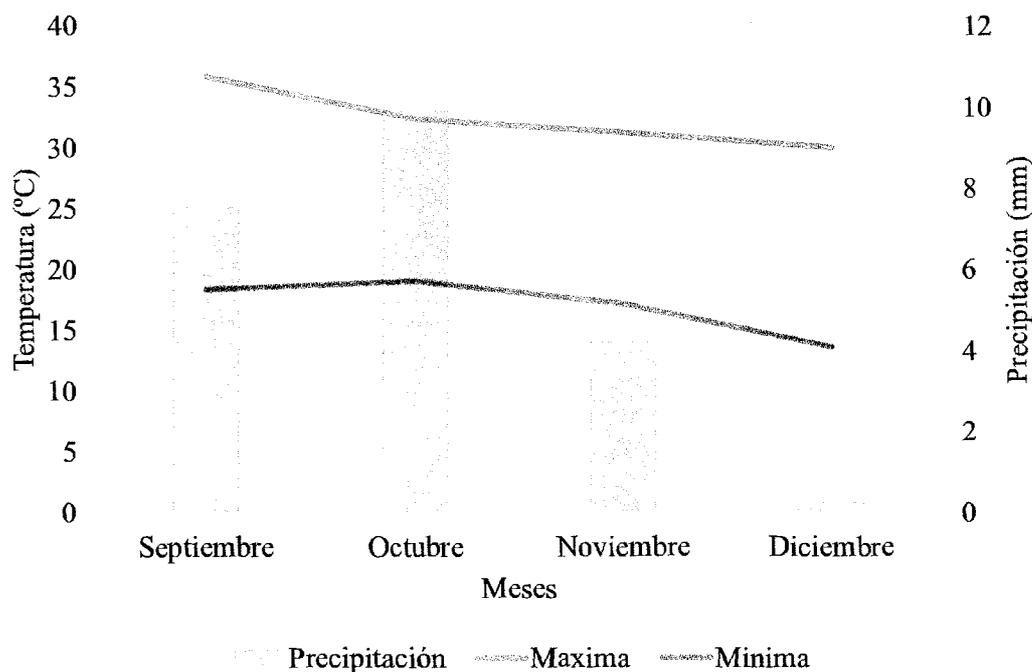


Figura 1. Temperatura media mensual máxima, mínima y precipitación acumulada durante el experimento.

### 3.2 Animales y manejo de potreros

El trabajo se desarrolló en condiciones de pastoreo en praderas puras del pasto mombaza (*Megathyrus maximus*), Mestizo blend (*U. Híbridos* CIAT 36087; CIAT BR02/0465; CIAT BR02/1794) y Camello (*U. Híbrido* cv Camello). Todos los animales tuvieron acceso a agua fresca y limpia durante el desarrollo experimental. El experimento inicio el 18 de septiembre y culmino el 18 de diciembre del 2020.

**Tratamiento 1 (Grupo placebo):** estuvo formado por cuatro hembras (195.8 kg de P.V.I.) y cuatro machos (202.0 kg de P.V.I.).

**Tratamiento 2 (Biotecap):** estuvo formado por cuatro hembras (218.3 kg de P.V.I.) y cuatro machos (237.8 kg de P.V.I.). Este grupo de animales consumió solamente minerales a libre acceso.

**Tratamiento 3:** estuvo formado por cuatro hembras (194.3 kg de P.V.I.) y cuatro machos (217.8 kg de P.V.I.). Este grupo de animales consumió solamente el 1% de concentrado en base a su peso vivo.

**Tratamiento 4:** estuvo formado por cuatro hembras (186.7 kg de P.V.I.) y cuatro machos (250.8 kg de P.V.I.). Este grupo de animales consumió solamente el 1.5% de concentrado en base a su peso vivo.

Todos los animales del tratamiento 3 y 4 se les ajusto el consumo del concentrado en base a su peso vivo cada 30 días. La ganancia de peso y el peso vivo se monitoreo cada 30 días en una báscula de piso adaptada con una jaula metálica, con capacidad para 1000 kg y calibrada a una precisión de 0.5 kg. Los animales fueron rotados de potrero cada 15 días. La oferta de concentrado (Cuadro 1) y minerales (Cuadro 2) fue por la mañana (7:00 am) durante 90 d.

**Cuadro 1.** Composición del concentrado ofrecido durante el desarrollo postdestete a becerros en condiciones de pastoreo.

<b>Ingredientes</b>	<b>% en base seca</b>
Maíz molido	54.9
DDGS	11.9
Pasta de canola	26.1
Melaza	5.1
Minerales	1.8

Los minerales usados en este experimento fueron adquiridos a la empresa Biotecap (<http://www.biotecap.com.mx/>) y la composición química se muestra en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Composición química del suplemento mineral ofrecido durante el desarrollo postdestete a becerros en condiciones de pastoreo.

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>
Calcio, g	27.5
Fosforo, g	14
Magnesio, g	10
Sodio, g	10
Cloro, g	8.5
Azufre, g	3
Selenio, mg	5.5
Cromo, mg	3
Cobre, mg	260
Zinc, mg	850
Manganeso, mg	40
Cobalto, mg	2
Iodo, mg	4
Hierro, mg	30
Ionóforo	100
Vitamina A, UI	150
Vitamina D, UI	150
Vitamina E, UI	20

### 3.3 Diseño experimental

El experimento se estableció con diseño completamente al azar, para las variables peso vivo y ganancia de peso a las cuales se les efectuó un análisis de varianza y la comparación de medias por el método de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

### 3.4 Análisis estadístico

Para determinar el efecto de tratamientos en animales machos y hembras en las variables evaluadas, se llevó a cabo un análisis de varianza bajo un diseño completamente al azar, con ocho repeticiones, con el procedimiento PROC GLM del SAS para Windows versión 9.4 (SAS Institute, 2015) y se hizo una comparación de medias con la prueba de Tukey ( $p < 0.05$ ). Se utilizó el siguiente modelo estadístico:

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + e_{ij}; i=1, 2, \dots, t; j=1, 2, \dots, n$$

Donde:

$y_{ij}$  es la observación del tratamiento  $i$  en la repetición  $j$

$\mu$  es la media verdadera general

$\tau_i$  es el efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$e_{ij}$  es el error experimental de la  $ij$ -ésima observación

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

**Cuadro 3.** Efecto de la suplementación mineral en el peso vivo en función del sexo en becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

Tratamientos		Peso vivo (kg)				
		PVI	30 d	60 d	90 d	Promedio
Placebo	Hembra	195.8a	205.7a	208.5a	216.7c	206.6
Placebo	Macho	202.0a	211.8a	213.8a	221.2bc	212.2
Biotecap	Hembra	218.3a	229.7a	235.6a	257.3abc	235.2
Biotecap	Macho	237.8a	247.1a	240.3a	261.7abc	246.7
1%	Hembra	194.3a	246.7a	270.0a	317.1ab	257.0
1%	Macho	217.8a	264.3a	286.7a	331.2a	275.0
1.5%	Hembra	186.7a	211.1a	228.2a	260.1abc	221.5
1.5%	Macho	250.8a	267.7a	293.0a	333.8a	286.3
Pr > F		0.565	0.626	0.328	0.013	-
CV(%)		23.06	23.86	23.58	24.22	-

En el Cuadro 3 se muestran los resultados del efecto de la suplementación en función del sexo donde se observa que los machos en promedio mostraron un mejor desempeño durante el experimento. El desempeño de los becerros en etapas tempranas puede asociarse con factores asociados al parto y manejo durante la crianza (Ventura *et al.*, 2022), dado que estos factores afectan la fase de crecimiento y desarrollo y en etapas adultas afectan el rendimiento en canal (Kučević *et al.*, 2019). En trabajos previos Ortega *et al.* (2021) reportaron mayores ganancias de peso en hembras comparadas con machos, donde las hembras superaron en 4% a los machos (equivalente a 6.3 kg de peso vivo) al término del experimento.

Por otro lado, la calidad y disponibilidad de los forrajes principalmente en época de seca limita el desempeño de los animales, la calidad de los forrajes está influenciada por la época del año y por la especie forrajera, generando variabilidad en la respuesta animal (Elizalde *et al.*, 1996). Estudios conducidos por García (1998) sugiere que los becerros en condiciones de pastoreo deben consumir de 10 a 13 kg de MS d<sup>-1</sup>, sin embargo, los requerimientos nutricionales no siempre se cubren, dado a la baja disponibilidad de nutrientes que aportan los forrajes, principalmente en época de seca, limitando la proteína cruda, disponibilidad de energía y minerales (Ventura *et al.*, 2019). La ganancia diaria de peso mostro diferencia estadística ( $p < 0.05$ ) entre tratamientos entre hembras y machos en los periodos de muestreo, sin embargo, los animales que consumieron el 1% y 1.5% fueron superiores al grupo placebo y al grupo que solo recibió minerales Biotecap (Cuadro 4).

**Cuadro 4.** Efecto de la suplementación mineral en la ganancia de peso en función del sexo en becerros suplementados en condiciones de pastoreo en praderas tropicales.

Tratamientos		Ganancia de peso (kg)			
		30 d	60 d	90 d	Promedio
Placebo	Hembra	0.329c	0.091bc	0.275c	0.231
Placebo	Macho	0.329c	0.065bc	0.247c	0.213
Biotecap	Hembra	0.379bc	0.195b	0.697ab	0.423
Biotecap	Macho	0.308c	-0.225c	0.636b	0.239
1%	Hembra	0.687abc	0.775a	0.787ab	0.749
1%	Macho	0.799a	0.715a	0.897ab	0.803
1.5%	Hembra	0.750ab	0.570a	0.968a	0.762
1.5%	Macho	0.410abc	0.841a	1.007a	0.752
Pr > F		0.05	0.0001	0.0001	-
CV(%)		33.31	35.55	30.76	-

La ganancia diaria de peso en promedio fue mayor para los animales que consumieron el 1% y 1.5% de concentrado superando los 700 g d<sup>-1</sup>. Al respecto, Ventura *et al.* (2022) en promedio reportaron 335 y 434 g d<sup>-1</sup> durante el predestete en becerros Holstein, lo cual es similar a los becerros que solo recibieron minerales biotecap y al grupo placebo. Por otro lado, Pereda *et al.* (2005) reportaron 518 g d<sup>-1</sup> en machos y 418 g d<sup>-1</sup> en hembras, los cuales son similares a los resultados obtenidos en el presente experimento. Del mismo modo, Dass *et al.* (1999) reportaron 274 g d<sup>-1</sup> en hembras y 313 g d<sup>-1</sup> en machos, lo cual concuerda con la tendencia de los resultados obtenidos en esta investigación donde los machos fueron superiores a las hembras en la ganancia de peso en los periodos evaluados.

## V. CONCLUSIONES

Los animales que consumieron 1.0% y 1.5% de concentrado en base al peso vivo mostraron ganancia de peso similar a los 90 días. Los animales del grupo placebo mostraron la menor ganancia de peso durante el experimento seguido de los animales del tratamiento 2 que solo consumieron minerales biotecap. Durante el experimento, los animales machos mostraron mayor peso vivo acumulado al final del experimento.

## VI. LITERATURA CITADA

- Absalón-Medina, V.A., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez-Lagunes, F.I., Nicholson, C.F., Canudas-Lara, E.G. y Rueda-Maldonado, B.L. 2012. Limitations and potentials of dual-purpose cow herds in Central Coastal Veracruz, Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 44(6): 1131–1142. <https://doi.org/10.1007/s11250-011-0049-1>
- Absalón-Medina, V.A., Nicholson, C.F., Blake, R.W., Fox, D.G., Juárez-Lagunes, F.I. Canudas-Lara, E.G y Rueda-Maldonado, B.L. 2012b. Limitations and potentials of dualpurpose cow herds in Central Coastal Veracruz, Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 44(6): 1131-1142. <http://dx.doi.org/10.1007/s11250-011-0049-1>
- Aguilar-Pérez, C.F., Ku-Vera, J.C. y Magaña-Monforte, J.G. 2011. Energetic efficiency of milk synthesis in dual-purpose cows grazing tropical pastures. *Trop. Anim. Health Prod.* 43(4): 767-772. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9714-z>
- Annicchiarico, P., Scotti, C., Carelli, M. y Pecetti, L. 2010. Questions and avenues for lucerne improvement. *Czech J Genet Plant Breed.* 46(1): 1-13. <https://doi.org/10.17221/90/2009-CJGPB>
- Aranda-Avila, I., Magaña-Monforte, J.G., y Segura-Correa, J.C. 2010. Effects of breed type and age at first calving on length of productive life in a cow-calf system in Southeastern Mexico. *Trop. Anim. Health Prod.* 42(8): 1737–1741. <https://doi.org/10.1007/s11250-010-9629-8>
- Argüello-Rangel, J., Mahecha-Ledesma, L. y Angulo-Arizala, J. 2019. Arbustivas forrajeras: importancia en las ganaderías de trópico bajo colombiano. *Agronomía Mesoamericana.* 30(3): 899-915. <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.35136>
- Avelino, C.C.E., Avelino, C.C.E., y Macagnan, T.C.R. 2020. Nitrogen requirement of *Brachiaria* hybrid cv. Ipyporã. *Bol. Ind. Anim. Nova Odessa.* 77: 1-10. <https://doi.org/10.17523/bia.2020.v77.e1467>
- Bacab, H.M., Solorio, F.J. y Solorio, S.B. 2012. Efecto de la altura de poda en *Leucaena leucocephala* y su influencia en el rebrote y rendimiento de *Panicum maximum*. *Avances en Investigación Agropecuaria.* 16(1): 65-77. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83723442005>

- Baptistella, J.L.C., López, de A.S.A., Favarin, J.L. y Mazzafera, P. 2020. *Urochloa* in Tropical Agroecosystems. *Front. Sustain. Food Syst.* 4:1-17. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00119>
- Barros, M.F., Núñez, P.I., Yoshimi, W.U., González, N.W. y Evelazio, S.N. 2003. Suplementación con sal mineral proteinada para bovinos de carne en crecimiento y finalización, pastoreando Estrella de África (*Cynodon plectostachyus*) en invierno. *R. Bras. Zootec.* 32: 235-245.
- Boddey, R.M., Macedo, R., Tarre, M.R., Ferreira, E., de Oliveira, O.C., Renzende, P. de C., Cantarutti, B.R., Periera, M.J., Alves, R.J.V. y Urquiaga, S. 2004. Nutrient cycling of *Brachiaria* pastures: The key to understanding the process of pasture decline. *Agric. Ecosyst. Environ.* 103(2): 389-403. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2003.12.010>
- Boval, M. y Sauvant, D. 2019. Ingestive behaviour of grazing ruminants: meta-analysis of the components of bite mass. *Anim. Feed Sci. Technol.* 251: 96-111. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.03.002>
- Calzada-Marín, J.M., Enríquez-Quiroz, J.F., Ortega-Jiménez, E., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Escalante-Estrada, J.A. y Honorato-Salazar, J.A. 2019. Análisis de crecimiento del pasto Toledo *Urochloa brizantha* (Hochst. ex A. Rich.) R.D. Webster en clima cálido subhúmedo. *Agroproductividad.* 12(8): 3-9. <https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1443>
- Camacho, G.J.L. y García, M.J.G. 2003. Producción y calidad del forraje de cuatro variedades de alfalfa asociadas con trébol blanco, ballico perenne, festuca alta y pasto ovinillo. *Vet Mex.* 34(2): 149-177.
- Cárdenas, V.P.A., Duran, C.C.V. y Roa, V.J.I. 2007. Análisis de los sistemas de producción ganaderos y selección de especies forrajeras por métodos participativos en zona de ladera del norte del Valle de Cauca, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 20 (4): 647-65.
- Carrier, L. 2010. Grassland for ruminants. Role of grassland in Belgian agriculture. *Romanian Journal of Grassland and Forage Crops.* 1: 7-16.
- Castañeda, C.S. 2012. Diagnóstico mineral de ganado bovino en condiciones de trópico húmedo. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma Chapingo. México. 71 p.

- Castro, R. R., G. A. Hernández, B. G. Aguilar, R. O. Ramírez. 2011. Comparación de métodos para estimar rendimiento de forraje en praderas asociadas. *Naturaleza y Desarrollo*. 9 (1): 38-4.
- Close, H.W. 2006. Trace mineral nutrition of pigs. Meeting production and environmental objectives. In EAAP Annual Meeting.
- Cooke, F.R., Daigle, L.C., Moriel, P., Smith, B.S., Tedeschi, O.L. y Vendramini, J.M.B. 2020. Cattle adapted to tropical and subtropical environments: social, nutritional, and carcass quality considerations. *J. Anim. Sci.* 98(2): 1-20. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa014>
- Cruz, H.A., Hernández, G.A., Vaquera, H.H., Chay, C.A., Enríquez, Q.J. y Ramírez, V.S. 2017. Componentes morfogénéticos y acumulación del pasto mulato a diferentes frecuencias e intensidad de pastoreo. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 8(1): 101-109. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v8i1.4310>
- Cruz, L.P.I., Hernández, G.A., Enríquez, Q.J.F., Mendoza, P.S.I., Quero, C.A.R. y Joaquín, T.B.M. 2011. Desempeño agronómico de genotipos de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweickt en el trópico húmedo de México. *Rev. Fitotec. Mex.* 34(2):123-131.
- Da Silva, H.M.S., Vendramini, J.M.B., Oliveira, F.C.L., Filho, C.V.S., Kaneko, M., Silveira, M.L. y Yarborough, J.K. 2020. Harvest frequency effects on herbage characteristics of 'Mavuno' brachiariagrass. *Crop Science*. <https://doi.org/10.1002/csc2.20046>
- Dass, S., Wiktorsson, H. y Forsberg, M. 1999. Effects of calf management and level of feed supplementation on milk yield and calf growth on Zebu and crossbreed cattle in semiarid tropics. *Livest. Prod. Sci.* 59(1): 67-75. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(98\)00206-1](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(98)00206-1)
- Dias-Silva, P.T. y Abdalla Filho, A.L. 2021. Sheep and goat feeding behavior profile in grazing systems. *Acta Sci., Anim. Sci.* 43: 1-10. <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v43i1.51265>
- Dougherty, C.T. y Cornelius, P.L. 1999. Intake of cattle offered normal and lodged tall fescue swards. *J. Range Manag.* 52(5): 508-514. <https://doi.org/10.2307/4003779>.
- Elizalde, C. J., Santini, F. y A. Pasinato. 1996. The effect of stage of harvest on the process of digestion in cattle fed winter oats indoors. II. Nitrogen digestion and microbial protein synthesis. *Anim. Feed Sci. and Technol.* 63:245-255.

- Enríquez, Q.J.F., Esqueda, E. V. A. y Martínez M. D. 2021. Rehabilitación de praderas degradadas en el trópico de México. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 12(3): 243-260. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5876>
- Garay, J.R., Joaquín, S., Zárate, P., Ibarra, M.A., Martínez, J.C., González, R.P. y Cienfuegos, E.G. 2017. Dry matter accumulation and crude protein concentration in *Brachiaria* spp. cultivars in the humid tropics of Ecuador. *Trop. Grassl.* 5(2): 66-76. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)66-76](https://doi.org/10.17138/tgft(5)66-76)
- Garay, M.J.R., Estrada, D.B., Bautista, M.Y., Bernal-Flores, A., Mendoza, P.S.I., Martínez, G.J.C., Sosa, M.E. y Joaquín, C.S. 2020. Forage yield and quality of buffel H-17 and *Urochloa* hybrids at different regrowth ages under semi-arid conditions. *Grassl. Sci.* 66(4): 277–284. <https://doi.org/10.1111/grs.12278>
- Gordon, I.J. y Prins, H.H., 2008. Introduction: Grazers and Browsers in a Changing World. In: Gordon IJ, Prins HH, editors. *The Ecology of Browsing and Grazing*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag. pp. 309-319. [https://doi.org/10.1007/978-3-540-72422-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-540-72422-3_1)
- Guimarães, P. 2007. Produção e comportamento animal em pastagem de aveia eazevém, submetida a diferentes alturas de manejo [tesis de posgrado]. Curitiba, Brasil: Universidade Federal do Paraná. pp. 194.
- Hare, M.D., Tatsapong, P. y Phengphet. S. 2009. Herbage yield and quality of *Brachiaria* cultivars, *Paspalum atratum* and *Panicum máximum* in north-east Thailand. *Tropical Grassland.* 43: 65-72.
- Hill, J., Chapman, D.F., Cosgrove, G.P., y Parsons, A.J. 2009. Do Ruminants Alter Their Preference for Pasture Species in Response to the Synchronization of Delivery and Release of Nutrients?. *Rangeland Ecology & Management.* 62(5): 418–427. <https://doi:10.2111/08-084.1>
- Hodgson, J. 1990. *Grazing management: science into practice*. Longman scientific and technical. London, UK: Longman Group. <https://docplayer.es/6097003-Panorama-de-la-lecheria-en-mexico-octubre-diciembre-2013.html> [Accesado el 15 de diciembre del 2021].
- Huerta, B. M. 1993. Suplementación de rumiantes en pastoreo. Actas del congreso, Memoria del curso Internacional Avanzado de Nutrición de Rumiantes. Centro de Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. México.

- Inyang, U., Vendramini, J.M.B., Sollenberger, B.J.M., Silveira, E.L., Sellers, M.L.A., Adesogan, B., Paiva, A.L. y Lunpha, A. 2010b. Harvest frequency and stubble height effects herbage accumulation, nutritive value, and persistence of 'Mulato II' brachiariagrass. *Forage and Grazinglands*. 8(1): 1-8. <https://doi.org/10.1094/FG2010-0923-01-RS>
- Jarillo-Rodríguez, J., Castillo-Gallegos, E., Flores-Garrido, A. F., Valles-de la Mora, B., Ramírez, L., Avilés, L., Escobar-Hernández, R. y Ocaña-Zavaleta, E. 2011. Forage yield, quality and utilization efficiency on native pastures under different stocking rates and seasons of the year in the Mexican humid tropic. *Trop. Subtrop. Agroecosystems* 13(3): 417-427. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93920942019>
- Karsten, H. D. y Carlassare, M. 2002. Describing the Botanical Composition of a Mixed Species Northeastern U.S. Pasture Rotationally Grazed by Cattle. *Crop Science*. 42(3): 882-889. <https://doi:10.2135/cropsci2002.8820>
- Leal, K., Ferrando, C., Molina, J., Luján, R. y Ávila, R. 2009. Dinámica de la proporción de hojas y la calidad de 4 cultivares de *Cenchrus ciliaris* en La Rioja. *Rev. arg. prod. anim.* 29(1): 526- 527. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4736.7208>
- Lemaire, G. 2001 Ecophysiology of grasslands: dynamics aspects of forage plant populations in grazed swards. In: Proc. XIX International Grassland Congress. Brazilian Society of Animal Husbandry, Sociedade Brasileira de Zootecnia (eds). São Pedro, São Paulo. Brazil. pp:29-37.
- Long, S.P. 1999. Environmental responses. In: Sage RF, Monson RK (eds) C4-plant biology. Academic Press, New York, pp. 215–249.
- López-Alonso, M. 2012. Trace Minerals and Livestock: Not Too Much Not Too Little. *ISRN Veterinary Science*. pp. 1–18. <https://doi.org/10.5402/2012/704825>
- Lüscher, A., Mueller-Harvey, I., Soussana, J.F., Rees, R.M. y Peyraud, J.L. 2014. Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: A review. *Grass and Forage Science*. 69 (2): 206-228. <https://doi.org/10.1111/gfs.12124>
- Martín, G.O., Nicosia, M.G., Fernández, M.M., Olea L.E., Toll, V.J.R., Agüero, S.N. 2014. Disponibilidad de tallos y hojas en *Trichloris pluriflora* diferido, bajo diferentes condiciones ambientales en la Llanura Deprimida de Tucumán. *Revista Agronómica del Noroeste Argentino*. 34(2): 162-165.

- Martínez, E.D., Pulido, R.G., y Latrille, L. 2002. Efecto de la paja de trigo tratada con alcali sobre el consumo de alimento y comportamiento ingestivo de vacas lecheras. Archivos de medicina veterinaria. 34(2): 199-212. <https://doi.org/10.4067/S0301-732X2002000200006>
- McDowell, L. R. 1992. Minerals in Animal and Human Nutrition. Academic Press. USA. 524 p.
- McDowell, L. R. y Arthington, J. D. 2005. Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales. Cuarta edición. Universidad de Florida. Gainesville, Florida. USA. 94 p.
- Medinilla, S.L. 2012. Crecimiento, productividad y calidad de *Megathyrus maximus* bajo cobertura arbórea de *Gliricidia sepium*. [Tesis de MSc]. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). 115.
- Mijares-López, H., Hernández-Mendo, O., Mendoza-Martínez, G., Vargas-Villamil, L. y Aranda-Ibáñez, E. 2012. Cambio de peso de toretes en pastoreo en el trópico: respuesta a suplementación con bloque multinutricional. Universidad y ciencia. 28(1): 39-49.
- Millán, C.H., Aguirre, G.M.A., Escamilla, I. y Castellanos, R.A. 1990. Perfil mineral del pasto Guinea en el oriente de Yucatán. Vet Méx. 21: 399-402.
- Molina, I.C., Donneys, G., Montoya, S., Rivera, J.E., Villegas, G., Chará, J. y Barahona, R. 2015. The inclusion of *Leucaena leucocephala* reduces the methane production in lucerne heifers receiving a *Cynodon plectostachyus* and *Megathyrus maximus* diet. Livest. Res Rural. Dev. 27(5).
- Moreno-Carrillo, M.A., Hernández-Garay, A., Vaquera-Huerta, H., Trejo-López, C., Escalante-Estrada, J.A., Zaragoza-Ramírez, J.L., y Joaquín-Torres, B.M. 2015. Productividad de siete asociaciones y dos praderas puras de gramíneas y leguminosas en condiciones de pastoreo. Revista fitotecnia mexicana. 38(1): 101-108.
- Munari, E.C., Pietroski, M., De Mello, P.R., Silva, C.C.N, y Caione, G. 2017. Effect of nitrogen fertilization on productivity and quality of Mombasa forage (*Megathyrus maximus* cv. Mombasa). Acta Agron. 66(1): 42-48. <https://doi.org/10.15446/acag.v66n1.53420>
- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Lara Bueno, A., Rangel Santos, R., & Rosa Arana, J. L. D. L. 2016. Producción de materia seca de forrajes en condiciones de Trópico Húmedo en México. Rev. Mex. Cienc. Agríc. 7(16): 3329-3341.

- Muñoz-González, J. C., Huerta-Bravo, M., Rangel-Santos, R., Lara-Bueno, A. y De la Rosa-Arana, J. L. 2014. Mineral assessment of forage in mexican humid tropics. Trop. Subtrop. Agroecosystems. 17(2): 285-287.
- Orantes, Z.M.A., Vilaboa, A.J., Ortega, J.E., y Córdova, A.V. 2010. Comportamiento de los comercializadores de ganado bovino en la región centro del estado de Chiapas. Revista Quehacer Científico en Chiapas 1(9): 51-56.
- Patiño, P.R.M., Gómez, S.R. y Navarro, M.O.A. 2018. Calidad nutricional de Mombasa y Tanzania (*Megathyrus maximus*, Jacq.) manejados a diferentes frecuencias y alturas de corte en Sucre, Colombia. Rev. CES Med Vet Zootec. 13(1): 17-30. <https://doi.org/10.21615/cesmvz.13.1.2>
- Pereda, S.M.E., González, M.S.S., Arjona, S.E., Bueno, A.G., Mendoza, M.G.D. 2005. Ajuste de modelos de crecimiento y cálculo de requerimientos nutricionales para bovinos Brahman en Tamaulipas, México. Agrociencia, 39(1): 19-27. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30239103>
- Ramírez, R.O., Pérez, P.J., Hernández, G.A., Herrera, H.J.G. y Martínez, H.P.A. 2003. Evaluación del rendimiento y la utilización de la asociación estrella-clitoria cosechada a diferente asignación de forraje. Téc Pecu Méx. 41(2): 219-230. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61341209>
- Robledo Padilla, R. 2018. Producción de leche en México y su comercio de lácteos con países del apec. in: teoría, impactos externos y políticas públicas para el desarrollo regional. Universidad Nacional Autónoma de México y Asociación Mexicana de Ciencias para el Desarrollo Regional A.C, Coeditores, México. ISBN UNAM: 978-607-02-9998-8, AMECIDER: 978-607-96649-5-4. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/3744>
- Rojas, G.A.R., Torres, S.N., Maldonado, P.M.A., Sánchez, S.P., García, B.A., Mendoza, P.S.I., Álvarez, V.P. y Hernández, G.A. 2018. Curva de crecimiento y calidad del pasto cobra (*Brachiaria* HIBRIDO BR02/1794), a dos intensidades de corte. Agroproductividad. 11(5): 34-38. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/368>
- Rojas, H.S., Olivares, P.J., Jiménez, G.R., Gutiérrez, S.I. y Avilés, N.F. 2011. Producción de materia seca y componentes morfológicos de cuatro cultivares de *Brachiaria* en el trópico. Avances en Investigación Agropecuaria. 15(1): 3-8. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=83717122001>

- Ruiz, T.E., Febles, G., Jordán, H. y Castillo, E. 2005. Las leguminosas: sus posibilidades para implantar sistemas ganaderos sostenibles. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 39: 501-514. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193017842010>
- Rusdy, M., Yusuf, M. y Ismartoyo. 2019. Utilization of *Leucaena leucocephala* and *Gliricidia sepium* as supplements by goats fed *Panicum maximum* basal diet. *Trop Anim Health Prod*. 52(1): 1-5. <https://doi.org/10.1007/s11250-019-02040-8>
- Sá Filho, M.F., Crespilho, A.M., Santos, J.E.P., Perry, G.A. y Baruselli, P.S. 2010b. Ovarian follicle diameter at timed insemination and estrous response influence likelihood of ovulation and pregnancy after estrous synchronization with progesterone or progestin-based protocols in suckled *Bos indicus* cows. *Anim. Reprod. Sci*. 120(1-4): 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.anireprosci.2010.03.007>
- Salamanca, A. (2010). Suplementación de minerales en la producción bovina. *Revista electrónica de Veterinaria*. 11(9): 1-10. <https://www.redalyc.org/pdf/636/63615732008.pdf>
- Sanderson M.A., Soder, K.J., Muller, L.D., Klement, K.D., Skinner R.H. and Goslee, S.C. 2005. Forage mixture productivity and botanical composition in pastures grazed by dairy cattle. *Agronomy Journal*. 97(5): 1465-1471. <https://doi.org/10.2134/agronj2005.0032>
- Sangínez, G.J.R. 2002. Producción ovina y productividad del pasto estrella africana variedad Santo Domingo (*Cynodon nlemfuensis*) abonado con agua residual de origen porcino. *Trop. Subtrop. Agroecosystems*. 1 (1): 42-44. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911238013.pdf>
- SAS Institute Inc. 2015. *Base SAS 9.4 Procedures Guide*. 5th ed. Cary, NC: SAS Institute Inc. Available: <http://support.sas.com>.
- SIAP- SAGARPA, 2020.
- SIAP-SAGARPA. 2013. *Panorama de la lechería en México 2013*.
- Simon, K. B. y Jacobs, S. W. L. 2003. *Megathyrsus*, a new generic name for *Panicum* subgenus *Megathyrsus*. *Austrobaileya*. 6(3): 571-574. <https://www.jstor.org/stable/41739005>
- Soetan, K. O., Olaiya, C. O. y Oyewole, O. E. 2010. The importance of mineral elements for humans, domestic animals and plants: A review. *African Journal of Food Science*, 4(5): 200–222. <http://www.academicjournals.org/ajfs>.

- Still, C.J, Berry, J.A, Collatz, G.J. y DeFries, R.S (2003) Global distribution of C3 and C4 vegetation: carbon cycle implications. *Glob Biogeochem Cycl* 17:14. <https://doi.org/10.1029/2001GB001807>
- Sturludóttir, E., Brophy, C., Belanger, G., Gustavsson, A. M., Jørgensen, M., Lunnan, T., y Helgadóttir, Á. 2014. Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and forage science*, 69(2), 229-240. <https://doi.org/10.1111/gfs.12037>
- Suárez, E., Reza, S., García, F., Pastrana, I., y Díaz, E. 2011. Comportamiento ingestivo diario de bovinos de ceba en praderas del pasto Guinea (*Panicum maximum* cv. Mombasa). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 12(2), 167-174. <https://www.redalyc.org/pdf/4499/449945031011.pdf>
- Suttle, N. F., Underwood, E. J. y Eric J. 2010. Mineral nutrition of livestock. CABI
- Valdez-Arjona, L., Ramírez-Mella, M., Rayas-Amor, A., Díaz-Ramírez, M., Jiménez-Guzmán, J., García-Garibay, M., Miranda-de la Lama, G., Cruz-Monterrosa, R. y Ramírez-Bribiesca, E. 2019. Production and reproductive problems due to mineral deficiencies in cattle in some tropical regions of Mexico. *Agroproductividad*. 12(12): 11-18. <https://doi.org/10.32854/agrop.vi0.1505>
- van der Weijde, T., Kamei, A.C.L., Torres, A.F., Vermerris, W., Dolstra, O., Visser, R.G.F. y Trindade, M.L. 2013. The potential of C4 grasses for cellulosic biofuel production. *Plant Sci*. 4(107): 1-18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00107>
- Van soest, P. 1996. Allometry and ecology of feeding behavior and digestive capacity in herbivores: A review. *Zoo Biology*. 15(5): 455-479. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2361\(1996\)15:5<455::AID-ZOO3>3.0.CO;2-A](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-2361(1996)15:5<455::AID-ZOO3>3.0.CO;2-A)
- Van Soest, P. J. 1994. Nutritional ecology of the ruminant (2nd ed.). Ithaca, NY: Cornell University Press.
- Vendramini, B.J.M., Adesogan, A.T., Silveira, M.L.A., Sollenberger, E.L., Queiroz, O.C. y Anderson, W.E. 2010. Nutritive value and fermentation parameters of warm-season grass silage. *Prof. Anim. Sci*. 26(2): 193-200. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30580-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30580-5)
- Vendramini, B.M.J. y Moriel, P. 2018. Forage management and concentrate supplementation effects on performance of beef calves. *Anim. Prod. Sci*. 58(8): 1399-1403. <https://doi.org/10.1071/AN17797>
- Ventura RJ, Reyes VI, García SA, Muñoz GC, Muro RA, Maldonado PM, Rojas GAR, Cruz HA. Rendimiento, perfiles nutrimental y de fermentación ruminal in vitro de pasto maralfalfa (*Cenchrus*

- purpureus* Schumach.) Morrone a diferentes frecuencias de corte en clima cálido. Acta Universitaria. 29: 1 – 19, 2019.
- Ventura-Ríos, J., Domínguez-Díaz, D., Lara-Bueno, A., Villalobos-Villalobos, G., López-Ordaz, R., Jaimes-Jaimes, J. y Ruíz-Flores, A. 2021. Performance of Holstein-Friesian calves drinking desalinated water in the preweaning period. Rev Colomb Cienc Pecu. In print. <https://doi.org/10.17533/udea.rccp.v35n3a04>
- Vergara, J. J. S. 2016. Las praderas, sus asociaciones y características. Acta Agrícola y Pecuaria. 2 (1): 1-11.
- Vieyra-Alberto, R., Domínguez-Vara, I. A., Olmos-Oropeza, G., Martínez-Montoya, J. F., Borquez-Gastelum, J.L., Palacio-Núñez, J., Lugo, J. A. y Morales-Almaráz, E. 2013. Perfil e interrelación mineral en agua, forraje y suero sanguíneo de bovinos durante dos épocas en la huasteca potosina, México. Agrociencia. 47(2): 121-133. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=30225621002>
- Yasothai, R. 2014. Importance of vitamins on reproduction in Dairy Cattle. Int. J. of Sci. Environment and Technology. 3(6):2105–2108. <https://www.ijset.net/journal/454.pdf>
- Zaragoza, E.J., Hernández, G.A., Pérez, P.J., José. G. Herrera H., Osnaya, G.F., Martínez, H.P.A., González, M.S. y Quero, C.A.R. 2009. Análisis de crecimiento estacional de una pradera asociada alfalfa-pasto ovinillo. Técnica Pecuaria en México 47(2): 173-188. <https://www.redalyc.org/pdf/613/61312116005.pdf>