

**Efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo y
crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical**

Erika Andreina Pinto Cáceres

1090464353

Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado: Modalidad Investigación

30 de noviembre del 2020

Efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo y crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical

Erika Andreina Pinto Cáceres

1090464353

Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad de Pamplona

Trabajo de Grado: Modalidad Investigación

MVZ., Esp., M.Sc., Ph.D. Román Enrique Maza Ortega

30 de noviembre del 2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del jurado 1

Firma del jurado 2

Firma del jurado 3

Pamplona, Norte de Santander 30 de noviembre del 2020

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a las personas que son la base fundamental de lo que soy y mi principal motivación de superarme cada día para ofrecerles una mejor calidad de vida.

A mis padres, Vicente y Belkis, personas amorosas que con mucho esfuerzo y sacrificio fueron incondicionales para alcanzar esta meta.

A mis hermanas y sobrino, Somer, Zulay y Vicente Jose que son mi estímulo y apoyo para continuar cada día.

A Jose Gabriel, quien me ha acompañado y apoyado en todo este proceso de formación profesional, mi compañero de vida.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la universidad de Pamplona por haberme brindado la oportunidad de ingresar para poder convertirme en una profesional zootecnista.

Agradezco a mi tutor, docente y amigo, Roman Maza Ortega, por brindarme su orientación y conocimientos en este trabajo de grado. A mis compañeros de trabajo de grado, David y Lenis, un gran apoyo para la realización de esta investigación.

Agradezco a todas aquellas personas, administrador, médico veterinario y operarios participes de La Granja experimental Villa marina por su ayuda para que esta investigación fuera un éxito.

Agradezco a los docentes de la facultad de ciencias agrarias y demás compañeros que contribuyeron con mi desarrollo profesional y personal.

Contenido

| | |
|-----------------------------------|----|
| Resumen..... | 1 |
| Abstract..... | 3 |
| Introducción..... | 5 |
| Problema de Investigación..... | 6 |
| Pregunta de investigación..... | 6 |
| Hipótesis de investigación..... | 6 |
| Justificación..... | 7 |
| Objetivos..... | 9 |
| Objetivo general..... | 9 |
| Objetivos específicos..... | 9 |
| Marco referencial..... | 10 |
| Antecedentes..... | 10 |
| Internacional..... | 10 |
| Nacional..... | 10 |
| Marco contextual..... | 11 |
| Marco teórico..... | 12 |
| Historia..... | 12 |
| Taxonomía..... | 13 |
| La ganadería Doble Propósito..... | 13 |

| | |
|---|----|
| Suplementación..... | 14 |
| Granos y subproductos agroindustriales | 15 |
| Zoometría..... | 16 |
| Medidas bovinométricas | 16 |
| Regla Bovinométrica | 17 |
| Balanza mecánica | 18 |
| Diseño metodológico | 18 |
| Localización..... | 18 |
| Duración de la investigación..... | 19 |
| Animales, diseño experimental y dietas | 19 |
| Manejo | 20 |
| Toma de muestras de suplemento, pasto y leche | 20 |
| Evaluación del desempeño productivo | 21 |
| Evaluación del crecimiento corporal | 21 |
| Análisis económico..... | 22 |
| Análisis de laboratorio | 22 |
| Análisis estadístico | 23 |
| Resultados y discusión..... | 24 |
| Conclusión | 31 |
| Recomendaciones | 32 |

Bibliografía 33

Anexos 39

Lista de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Clasificación taxonómica del ganado bovino | 13 |
| Tabla 2. Materias primas y porcentaje de inclusión utilizados para la elaboración del suplemento proteico-energético..... | 19 |
| Tabla 3. Composición química del suplemento proteico-energético y pasto Pennisetum sp consumido por las terneras durante el periodo experimental..... | 20 |
| Tabla 4. Producción de leche y sus componentes de acuerdo a los tratamientos aplicados a las terneras durante el experimento | 24 |
| Tabla 5. Consumo voluntario de materia seca de las terneras lactantes suplementadas y no suplementadas alimentadas con Pennisetum sp en el trópico medio..... | 25 |
| Tabla 6. Desempeño productivo de terneras suplementadas y no suplementadas alimentadas con Pennisetum sp en el trópico medio | 27 |
| Tabla 7. Medidas bovinométricas de terneras suplementadas y no suplementadas alimentadas con Pennisetum sp en el trópico medio | 28 |
| Tabla 8. Análisis económico mediante la técnica del presupuesto parcial | 29 |

Lista de figuras

Figura 1. Regla bovinometrica 17

Figura 2. Bascula mecánica 18

Lista de anexos

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Fotografía, terneras utilizadas en experimento. | 39 |
| Anexo 2. Fotografías, mezcla y envasado de suplemento energético-proteico. | 39 |
| Anexo 3. Fotografía, pesaje y suministro de alimento balanceado a terneras. | 40 |
| Anexo 4. Fotografía, pesaje de terneras en bascula mecánica. | 41 |
| Anexo 5. Fotografías, toma de medidas bovinometricas con bastón métrico y cinta métrica. | 42 |
| Anexo 6. Precios referencia del ganado gordo y flaco en pie en diferentes subastas ganadera en Colombia-noviembre 9 del 2020. | 44 |
| Anexo 7. Fotografías, terneras suplementadas al final del experimento. | 45 |

Resumen

En Colombia, la principal fuente de alimento para bovinos son las pasturas tropicales, siendo ésta la fuente de nutrientes más económica para rumiantes en los trópicos. Sin embargo, varios problemas relacionados con el desempeño productivo y crecimiento, especialmente de las crías son observados. Este experimento fue realizado en la Granja experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona. El objetivo fue evaluar el efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño productivo, crecimiento corporal y relación beneficio-coste de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical en confinamiento. Fueron utilizadas 6 terneras lactantes mestizas de 123 kg y 5 meses de edad aproximadamente. Los animales fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorio, con dos tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados fueron: control (no suplementado) y, suplementado (5 g/kg de peso corporal en suplemento energético-proteico por animal/día). El suplemento estuvo compuesto por granos de maíz molido, salvado de arroz, salvado de trigo, torta de soja y urea. Todos los animales fueron alimentados con king grass picado *ad libitum* y contaron con acceso irrestricto a agua y sal mineralizada. Las terneras se estabularon en terneriles individuales con un área de 4 m² provista de comederos y bebederos. El experimento tuvo una duración de 98 días, divididos en tres periodos de 28 días y 14 días de adaptación, tomando como referencia el peso al inicio y final del experimento para hallar el desempeño productivo, igualmente, se tomaron las medidas bovinométricas al final del experimento para determinar el crecimiento corporal y se estableció la relación costo-beneficio de la suplementación. En este estudio, no fue observada diferencia ($P>0.05$) para la ganancia diaria de peso y peso corporal final de los animales suplementados en relación a los animales del tratamiento control. En general, no se evidenció efecto de la suplementación ($P>0.05$) sobre la ACR, ATO, PRT, PTO, ACO, LDC, LTC, LGR, AGR,

DIL y DIS de los animales. En el análisis económico resultó una tasa de retorno marginal del 1,44 y un beneficio económico de \$22.779. En conclusión, el uso de suplementos energético-proteicos en cantidades de 5 g/kg de peso vivo no mejora el desempeño productivo y crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

Palabras clave

Suplementación, terneras lactantes, desempeño productivo, crecimiento corporal.

Abstract

In Colombia, the main source of feed for cattle is tropical pastures, this being the most economical source of nutrients for ruminants in the tropics. However, several problems related to productive performance and growth especially in the offspring are observed. The experiment was carried out at Villa Marina experimental farm of the University of Pamplona. The objective of the experiment was to evaluate the effect of energy-protein supplementation on the productive performance, body growth and benefit-cost ratio of suckling female calves fed with tropical forage in confinement. Six suckling female calves weighing 123 kg and approximately 5 months old were used. The animals were distributed in a completely randomized design, with two treatments and three repetitions. The evaluated treatments were: control (not supplemented) and, supplemented (5 g / kg of body weight in energy-protein supplement per animal / day). The supplement consisted of ground corn grains, rice bran, wheat bran, soy cake and urea. All animals were fed chopped King Grass ad libitum and had unrestricted access to water and mineralized salt. The calves were housed in individual calves with an area of 4 m² provided with feeders and drinkers. The experiment lasted 98 days, divided into three periods of 28 days and 14 days of adaptation, taking as a reference the weight at the beginning and end of the experiment to find the productive performance, likewise, the bovinometric measurements were taken at the end of the experiment. to determine body growth and the benefit-cost relationship of supplementation was established. In this study, no difference ($P > 0.05$) was observed for the daily weight gain and final body weight of the supplemented animals in relation to the control treatment animals. In general, no effect of supplementation ($P > 0.05$) was evidenced on ACR, ATO, PRT, PTO, ACO, LDC, LTC, LGR, AGR, DIL and DIS of the animals. The economic analysis resulted in a marginal rate of return of 1.44 and an economic benefit of \$ 22,779. In

conclusion, the use of energy-protein supplements in amounts of 5 g / kg of live weight does not improve the productive performance and body growth of suckling female calves fed with tropical forage.

Keywords

Supplementation, suckling calves, productive performance, body growth.

Introducción

En Colombia, la principal fuente de alimento para bovinos son las pasturas tropicales, siendo ésta la fuente de nutrientes más económica para rumiantes en los trópicos. Sin embargo, debido a la estacionalidad de producción cualitativa y cuantitativa de las pasturas tropicales, se observa generalmente disminución de la producción de leche y de la tasa de reproducción de los animales, bajos pesos al destete y, consecuentemente, pérdidas económicas a los productores (Paulino *et al.*, 2008; Reza *et al.*, 2003). Fenómeno que es causado por la imposibilidad de los forrajes para suplir las exigencias nutricionales de los animales en las diferentes fases fisiológicas.

Así, son observados varios problemas relacionados con el desempeño productivo, como en el caso de las crías, en donde predominan bajos pesos al destete, entre 90 y 110 kg (URPA, 2005), lo que ocasiona aumento de la edad para la incorporación de la novilla a la vida productiva y aumento de la edad del sacrificio de los machos, lo cual se traduce en una disminución de los ingresos del productor y en una baja calidad de la carne (Prieto *et al.*, 2013).

De acuerdo con eso, la suplementación de bovinos en el trópico es una alternativa que está siendo adoptada como estrategia nutricional para aumentar la productividad de las explotaciones bovinas. Esto se debe principalmente, a que la suplementación es una vía para suministrar nutrientes adicionales a los animales, permite una mejor utilización de los forrajes tropicales y una mejor explotación de las materias primas disponibles en la región (Paulino *et al.*, 2008).

Así, la suplementación de terneros lactantes visualizase como una alternativa atractiva para mejorar el desempeño y crecimiento corporal de los animales, lo que conlleva a una mayor productividad y rentabilidad de las fincas ganaderas.

Problema de Investigación

La fase de lactancia suele ser un periodo crítico para los terneros (as) ya que gran parte de la leche producida por las madres es destinada a la comercialización provocando así un desempeño y crecimiento corporal inadecuado de los animales. Adicionalmente, otra fuente de alimentación utilizada en esta fase son las pasturas tropicales, sin embargo, estas presentan varios desequilibrios dietéticos y metabólicos, por lo tanto, no pueden ser utilizados como dieta completa desde el punto de vista nutricional para los animales, principalmente, en terneros en fase de lactancia. Así, la fase de lactancia es caracterizada por presentar una alimentación deficiente tanto en calidad y cantidad, lo que genera un crecimiento lento y bajas ganancias de pesos de los terneros (as), siendo este fenómeno más crítico aún en hembras bovinas en virtud de que esas bajas tasas de crecimiento en la fase de cría producen un aumento de la edad a la pubertad y, consecuentemente, edad al primer parto, lo que disminuye la vida productiva en las hembras en el hato. Generando pérdidas económicas a los productores ganaderos.

Pregunta de investigación

¿Cómo la suplementación energético-proteica afecta el desempeño productivo de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical?

¿Cuál es el impacto de la suplementación sobre el crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical?

Hipótesis de investigación

La suplementación energético-proteica mejora el desempeño productivo y crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

Justificación

En la etapa de lactancia, los terneros(as) satisfacen sus requerimientos nutricionales, vía nutrientes provenientes del consumo de leche materna y de pasturas. No obstante, en sistemas doble propósito la mayor cantidad de leche es comercializada, y en sistemas de cría, a partir del tercer mes de lactación se presenta una disminución en calidad y cantidad de leche producida por las vacas, al momento en que se presenta esta disminución tanto en producción y en las características nutricionales de la leche, se presenta un aumento en las exigencias nutricionales de los becerros, en esta estancia se tornan más dependientes del consumo de pasturas y/o forrajes debido al desarrollo de los pre estómagos del rumiante (Valente *et al.*, 2012). Por otro lado, los pastos manejados en ambientes tropicales no pueden considerar pasturas equilibradas desde el punto de vista nutricional como única fuente de alimento para la producción de bovinos, ya que puede ser observada la disminución de la tasa de crecimiento y desempeño productivo de los animales se ve afectado (Paulino *et al.*, 2008).

En este sentido, la suplementación de terneros lactantes revelase como una estrategia nutricional para suplir las deficiencias de nutrientes generadas por el bajo consumo y calidad de leche y para corregir las limitaciones nutricionales observadas en las pasturas tropicales. De esta forma, el mayor consumo de nutrientes (energía, proteína y minerales) por parte de los animales va promover mayores ganancias de peso y tasas de crecimiento, lo que produce consecuentemente, mayor peso al destete, menor edad a la pubertad y menor edad del primer parto, generando así mayor rentabilidad en la producción bovina. En ese contexto, se deben explorar nuevas alternativas de suplementación para suplementar terneras en fase de amamantamiento, que promuevan tasas de crecimiento continuo de los animales.

Oviedo *et al.*, (2011), reporta, que se evaluaron estrategias de suplementación de terneras doble propósito con 500 g/animal/día de un suplemento compuesto por 300 g de semilla de algodón y 200 g de melaza durante la época seca y observaron ganancias del orden de 484 g/animal/día para los animales suplementados y 346g/animal/día para animales no suplementados.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar el efecto de la suplementación energético-proteica sobre el desempeño de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

Objetivos específicos

Evaluar el efecto de la suplementación energético-proteica sobre la ganancia diaria de peso y peso corporal final de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

Investigar el efecto de la suplementación energético-proteica sobre el crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

Calcular la relación costo-beneficio de la suplementación energético-proteica de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical

Marco referencial

Antecedentes

Internacional

Contreras *et al.*, (2014) en su trabajo: Parámetros nutricionales y de producción de terneros en pastoreo suplementados con diferentes fuentes de alimentos proteicos, evalúa el rendimiento junto a otras variables donde los tratamientos que fueron analizados son: mineral mezclado (MM) a voluntad, harina de soja (SM), harina de semilla de algodón 38% de proteína cruda (CM) y combinación de SM y CM (SMCM), concluyendo que no se observó efecto ($P > 0,10$) en la ganancia diaria de peso en los tratamientos suplementados con diferentes fuentes de proteína pudiendo así remplazarse la harina de soja por la harina de semilla de algodón o usarse en asociación.

Maza *et al.*, (2020) en su investigación: Niveles de suplementación para la cría de terneras bajo pastoreo: rendimiento productivo y nutricional y perfil metabólico, en la evaluación de ganancia diaria de peso promedio y medidas corporales no afectó ($P > 0,05$) por los niveles de suplemento. Sin embargo, hubo una tendencia de aumento ($P=0,074$) en el grosor de la grasa sobre el lomo al aumentar los niveles de suplementación. Aunque el crecimiento corporal fue similar ($P > 0,05$) entre tratamientos, se observó una tendencia de aumento ($P=0.064$) en la relación BW:Altura a la cruz al aumentar los niveles de suplementación.

Nacional

Maza *et al.*, (2005) en su trabajo: Suplementación de terneras lactantes tipo doble propósito con una mezcla de yuca dulce fresca picada más semilla de algodón durante la época seca, entre sus variables de estudio evalúa el comportamiento productivo de terneras lactantes donde concluye que las terneras suplementadas revelaron una ganancia

de peso de 526 gr/día siendo mayor ($P \leq 0.05$) que en el grupo testigo, en el cual fue de 298 gr/día.

Velásquez *et al.*, (2003) en su trabajo: Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el Valle del Sinú, formaron dos grupos de ganado Brahman (BR) y (BG) para evaluar el crecimiento post destete y producción de carne en un tiempo de dieciocho meses donde se evidenciaron diferencias en el crecimiento post destete entre las variedades Brahman (< 0.05) igualmente se halló diferencias significativas (< 0.05) para medidas de longitud Corporal y perímetro torácico. Observándose correlaciones altas entre medidas de peso y medidas bovinométricas. La mayor expresión de ganancia de peso se presentó en los novillos Brahman Gris, estado que se refleja en mayor precocidad, canal magra y de mayor producción de carne.

Marco contextual

La investigación se llevó a cabo en la Granja Experimental Villa Marina de la Universidad de Pamplona. En su parte baja se encuentra a una altura de 1100 msnm y en la parte alta con una altura de 1800 msnm, con topografía de pendiente húmeda, temperatura de 20°C y precipitación anual de 1400 mm, ubicada en la Vereda Matajira, Municipio de Pamplonita, Norte de Santander.

La granja cuenta con la sede social de tipo recreacional para visitantes y la sede experimental la cual está adscrita a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Pamplona donde se encuentran las producciones de bovinos, bufalinos, ovinos, caprinos, cunícola, porcina, lombrices y cultivos como el café, naranjos y pasto de corte. Escenario para las diferentes prácticas formativas e investigación de los estudiantes y docentes de los programas de zootecnia, medicina veterinaria e ingeniería agronómica.

La producción bovina de la granja tiene dos tipos de explotación, la de ganado de ceba que son animales que se encuentran en la parte alta de la granja en pastoreo continuo y el ganado lechero el cual se le tiene un manejo diario.

Se cuenta con potreros rotacionales y la presencia de pasto estrella y brachiaria, pasto de corte king grass y banco de proteína compuesto de ramio, botón de oro y morera. El agua para uso general es suministrada por la quebrada La Tigra.

Sus instalaciones están dotadas de corrales separados con vareta, piso de cemento y techo de eternit, comederos para el suministro de alimento y bebederos, área de ordeño mecánico, terneriles de concreto, manga y bascula mecánica, área de pica pasto y bodega.

Se cuenta con la presencia de un zootecnista encargado de las labores administrativas y de coordinación, un médico veterinario encargado de la sanidad, diagnóstico y tratamiento de enfermedades y reproducción y dos operarios encargados de las labores diarias de la explotación a la cual se encuentran encargados.

Marco teórico

Historia

La ganadería bovina en América latina tuvo su prefacio en el segundo viaje de Cristóbal Colon a tierras americanas en 1493 el cual introdujo becerros procedentes de España e islas Canarias en la isla La Española actualmente Republica dominicana. En Colombia la distribución de bovinos se llevó a partir de las primeras décadas del siglo XVI donde los señores Alonso de Ojeda y Sebastián de Belalcázar llevaron ganado al Urabá promoviendo el poblamiento ganadero en el sur colombiano, de la misma manera Rodrigo de Bastidas en 1525 llevo ganado a Santa Marta difundándose así por la región Caribe, la zona andina nororiental y la sabana de Bogotá. De allí, en 1556, se desplazaron hacia los llanos del meta y en 1661 hacia los llanos del Arauca y Casanare. La carne

y la leche, junto a otras, se constituyeron como base alimentaria en el siglo XVI (Huer-
tas *et al.*, 2019).

Taxonomía

Los bóvidos se clasifican taxonómicamente (Tabla 1):

Tabla 1. *Clasificación taxonómica del ganado bovino*

| Clasificación Taxonómica | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| Reino | Animal |
| Subreino | Vertebrado |
| Clase | Mamífero |
| Orden | Ungulados |
| Rama | Rumiantes |
| Familia | Bóvidos |
| Genero | Bos |
| Especie | <i>Bos Taurus, Bos Indicus</i> |

Fuente: Wikipedia.

La ganadería Doble Propósito

El doble propósito es un sistema tradicional de producción bovina orientada a la ob-
tención de carne y leche, donde se avanza con animales mestizos obtenidos a partir de
cruces (*Bos Indicus*) y razas especializadas en leche principalmente en las zonas del tró-
pico bajo (DANE, 2015).

Pinzón *et al.*, (2007) señala que esta explotación es una elección para el mediano y
pequeño productor ganadero, ya que gran parte de los ingresos se generan por la venta
de leche y carne siendo así de importancia económica. Por lo tanto, es necesario que es-
tos tipos de explotación se mejoren en cuanto a manejo, genética, reproducción y la ali-
mentación.

Suplementación

Es la incorporación de un alimento o mezcla de alimentos a una dieta base, la cual complementara alguna deficiencia nutricional que no ha sido satisfecha. La suplementación permite corregir dietas desbalanceadas, aumenta la eficiencia de conversión de las pasturas, la ganancia de peso de los animales, mejora el crecimiento de novillas para adelantar la edad al primer celo y es factible incrementar el ingreso neto (Peruchena, 2003).

Suplementación energética. Al incluir alimentos energéticos en la dieta, contribuye a la rápida fermentación en el rumen por lo cual hay un mayor desarrollo de los microorganismos y consecuentemente una mayor producción de ácidos grasos volátiles que son fuente de energía para el rumiante (Mella, 2003). Las materias primas energéticas más comunes en este tipo de suplementación son el maíz y el sorgo.

Suplementación proteica. La suplementación con proteína de alta degradabilidad ruminal corrige el déficit de nitrógeno, aumenta la velocidad de degradación, la llegada de proteína verdadera al duodeno y el consumo de forraje. Para lograr una respuesta positiva a la suplementación proteica el forraje debe ser de baja calidad, deficiente en proteína (menor 6 a 8% PB, relación NDT: PB mayor a 7 o relación PDR: NDT menor a 11%) y encontrarse en alta disponibilidad para que los animales pueden expresar un incremento en el consumo de forraje (Soto *et al.*, 2007). Las materias primas proteicas más comunes en este tipo de suplementación son las harinas de soja, algodón y girasol.

Suplementación mineral. Los minerales son fundamentales en el metabolismo del animal y en el metabolismo ruminal, realizando diferentes funciones como: mantener el buen estado de salud, mejorar la fertilidad, producción de leche y de carne. La inclusión de ellos en la dieta debe ser en las proporciones requeridas por el animal (AGRONET, 2018). En la suplementación los más comunes, son el calcio y fosforo.

Granos y subproductos agroindustriales

Como alternativa para mejorar la alimentación del ganado se dispone en la región de una gran variedad de granos y subproductos agroindustriales, que, incorporados adecuadamente a la alimentación del ganado, pueden potenciar el nivel de respuesta en producción por animal (Peruchena, 2003).

Maíz. El maíz es una materia prima que se utiliza ampliamente en la formulación de dietas para animales debido a su composición y aporte nutricional el cual es de alto valor energético gracias a su alto contenido en almidón y grasa. Proporcionando así la más alta tasa de conversión a carne, leche y huevos comparado con otros granos que se usan con el mismo propósito (Campos *et al.*, 2016).

Harina de arroz. Constituido por parte de la almendra harinosa, la capa de aleurona y el germen. La harina de arroz es una buena fuente energética para todas las especies, y sobre todo en rumiantes, dado su alto contenido en grasa, su apreciable contenido en almidón, y el bajo grado de lignificación de su fracción fibrosa (Mendoza, 2014).

Salvado de trigo. Consiste de tres secciones identificadas como pericarpio exterior, pericarpio interior y capa aleurona, respectivamente. Los componentes más representativos, son la fibra dietaria total, las proteínas y, en menor proporción, lípidos y cenizas (Chaquilla *et al.*, 2017). La mayoría de los fabricantes de harina tienden a mezclar todas las fracciones para ofrecer un solo producto denominado salvado, notándose así una notable variación en la composición nutricional (FEDNA, 2011).

Torta de soja. También conocida como pasta o harina de soya, es el subproducto del procesamiento del frijón de soya. Se obtiene cuando se extrae el aceite de las hojuelas y se muelen. Posee un alto contenido de proteína y aporta aminoácidos esenciales. Encontramos dos presentaciones: torta de soya de 44 % de proteína (con cascarilla) y de 48 %, que no contiene cascarilla. (Contexto Ganadero, 2016).

Urea. Es un producto blanco, finamente granular, de un tamaño de 1 mm, con un 46 % aproximadamente de nitrógeno. Este elemento provee el nitrógeno requerido para la fermentación ruminal y la formación de proteínas y puede ser suministrado de maneras diversas: en el concentrado, en el ensilaje, en bloques multinutricionales y en varios tipos de mezclas. (Araque, 2001).

Sal mineralizada. La sal mineralizada es una mezcla de cloruro de sodio (sal blanca), Ca y P, y otros minerales (CORPOICA *et al.*, 2002).

Los desequilibrios de minerales en suelos y en los forrajes han sido considerados como responsables de la baja producción y problemas reproductivos de los rumiantes en pastoreo en los trópicos (Salamanca, 2010).

Zoometría

Es el estudio de las características morfológicas de los animales mediante mediciones corporales concretas que permiten cuantificar la conformación corporal (Sañudo, 2009; Chuctaya, 2017) y se complementa con la bovinometría que, aunque es parte del estudio de la conformación exterior de los bovinos tiene por objeto determinar la proporcionalidad entre diversas regiones del cuerpo mediante índices, obteniendo así la base para la clasificación de los tipos armónicos dentro de la raza. (Dubuc, 1991; Martínez *et al.*, 1998; Parés, 2007; Contreras, 2011).

La evaluación de los parámetros zoométricos de los bovinos, y su relación con la productividad, es una tendencia cada vez mayor en los países tropicales (Edwards, 1971; Cevallos, 2012).

Medidas bovinométricas

Altura a la cruz. Distancia desde el suelo hasta el punto más culminante de la cruz.

Amplitud de tórax. Distancia entre los puntos más craneales y laterales de los encuentros o articulaciones escapulo-humerales.

Profundidad de tórax. Distancia entre el punto más declive de la cruz y la cara inferior de la región esternal por detrás del codo.

Perímetro torácico. Se inicia en el punto más declive de la cruz, pasa por la región esternal, en el punto situado inmediatamente por detrás del codo, y llega nuevamente a la cruz.

Arqueamiento de costillas. Se mide desde un plano costal al otro, a la altura de los codos (a nivel del arco de la 5ª costilla).

Longitud diagonal del cuerpo. Desde la región del encuentro (articulación escapulo-humeral) hasta la tuberosidad iliaca.

Longitud total del cuerpo. Desde la región del encuentro (articulación escapulo-humeral) hasta la punta de nalga (tuberosidad isquiática).

Longitud de la grupa. Mide la distancia entre la tuberosidad ilíaca (punta del anca) y la tuberosidad isquiática (punta de la nalga).

Altura a la grupa. Medida desde el suelo al punto más elevado de la grupa.

Distancia entre íleos. Se mide la distancia entre las tuberosidades iliacas.

Distancia entre isquion. Se mide la distancia entre las tuberosidades isquiáticas.

Regla Bovinométrica

Es una herramienta que se utiliza para medir algunas partes del cuerpo de los bovinos que van a entrar a juzgamiento (Contexto ganadero, 2019). El calibrador y el hipómetro de dos barras son los instrumentos de medición más populares y consisten en una regla graduada, asociada con dos soportes de medición, uno fijado a la regla y el otro al cursor que, con un mínimo de juego, se desliza sobre la regla graduado (Figura 1) permitiendo medir la distancia entre dos puntos definidos (BeefPoint, 2012).

Figura 1. *Regla bovinométrica*



Fuente: Autor.

Balanza mecánica

Sistema tradicional mecánico de palancas, cuchillas y cojinetes; cuenta con un sistema autocentrante que garantiza la precisión. La báscula tiene un robusto brazo mecánico el cual cuenta con un impresor de tiquetes (Figura 2).

Figura 2. *Báscula mecánica*



Modelo CUI 1500

Capacidades

Animales 1

Capacidad Máxima

1.500 kg

Mínima División

0,5 kg

Fuente: Prometalicos.

Diseño metodológico

Localización

El experimento se realizó en la granja Experimental Villa Marina sobre el kilómetro 49 de la vía Pamplona-Cúcuta, localizada en la vereda Matajira del municipio de Pamplonita, departamento de Norte de Santander. Cuenta con una extensión territorial de

440 hectáreas, en su parte baja se encuentra a una altura de 1100 msnm y en la parte alta con una altura de 1800 msnm, con topografía de pendiente húmeda, temperatura de 20°C y precipitación anual de 1400 mm. Desarrollándose entre febrero y mayo, referente a la época seca.

Duración de la investigación

El experimento tuvo una duración de noventa y ocho días, divididos en tres periodos de veintiocho días y catorce días de adaptación.

Animales, diseño experimental y dietas

Para este experimento fueron utilizadas 6 terneras lactantes con peso corporal inicial de 123 kg y 5 meses de edad aproximadamente (Anexo 1). Los animales fueron distribuidos en un diseño completamente aleatorio, con dos tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos evaluados son: control (no suplementado) y, suplementado (5 g/kg de peso corporal en suplemento por animal/día). En cada inicio de periodo, los animales se pesaron para reajustar la cantidad de suplemento ofrecido, acompañar el desempeño productivo y bienestar de los animales. Se mezcló la materia prima de menor porcentaje de inclusión hasta llegar a la de mayor, obteniendo así una mezcla totalmente homogénea la cual fue envasada en caneca plástica para su almacenamiento y conservación (Anexo 2). Para la elaboración del suplemento se tuvo en cuenta los porcentajes de inclusión de las materias primas mencionadas en la (Tabla 2).

Tabla 2. *Materias primas y porcentaje de inclusión utilizados para la elaboración del suplemento proteico-energético*

| Suplemento | |
|----------------------|-----------------------|
| Materia prima | % de inclusión |
| Maíz molido | 37.5 |
| Torta de soja | 17.0 |
| Salvado de trigo | 22.0 |
| Salvado de arroz | 22.0 |
| Urea | 1,5 |

Fuente: Autor.

El suplemento estaba compuesto por grano de maíz molido, salvado de arroz, salvado de trigo, torta de soja y urea, formulado para presentar el 22% de PB con base en la materia natural la cual se reporta en la (Tabla 3).

Tabla 3. Composición química del suplemento proteico-energético y pasto *Pennisetum sp* consumido por las terneras durante el periodo experimental

| Item | Suplemento | <i>Pennisetum sp</i> |
|---|------------|----------------------|
| Materia seca (%) | 96.57 | 94.48 |
| Materia orgánica (% de la MS) | 92.94 | 88.02 |
| Proteína bruta (% de la MS) | 23.01 | 9.35 |
| Extracto etéreo (% de la MS) | 7.74 | 1.54 |
| Carbohidratos no fibrosos ¹ (% de la MS) | 39.51 | 12.27 |
| Fibra en detergente neutro (% de la MS) | 24.50 | 64.86 |

¹CNF = MO – [(PB – PBU + U) + EE + FDN].

Fuente: Autor

Todos los animales fueron alimentados con *Pennisetum sp.* picado *ad libitum* como dieta basal dos veces al día en partes iguales. La cantidad del suplemento fue dividida en dos partes de igual peso y suministrada simultáneamente con el forraje (Anexo3).

Manejo

Al inicio del experimento se les aplico a las terneras un tratamiento de vermifugación y vitaminización. Se ubicaron en terneriles individuales con un área de cuatro metros cuadrados, equipado de comederos y bebederos previamente desinfectados donde fueron estabuladas durante el tiempo experimental, permitiéndosele el amamantamiento a las 07h00 y 15h00, paralelamente, se les suministraba el *Pennisetum sp.* picado y agua de forma irrestricta. A las 10h00 y 15h00 se ofrecía la ración del alimento balanceado al grupo de terneras suplementado. La limpieza de los terneriles se hacía cuando las terneras salían a amamantar.

Toma de muestras de suplemento, pasto y leche

Al finalizar la mezcla de las materias primas para la obtención del suplemento, se procedió a coleccionar una muestra representativa para analizar su composición química.

Para estimar el consumo de materia seca en cada periodo entre los días 21 al 26 se colectaron muestras representativas de pasto, de igual manera, los días 22 al 27 se colectaron muestras de sobras de pasto para su respectivo análisis.

Para estimar la cantidad y composición de la leche consumida por las terneras, las madres fueron ordeñadas los días 23 y 24 de cada periodo experimental, a las 07h00 y 15h00. Sin embargo, la producción de las 07h00 fue dividida en cuatro partes, correspondientes a cada pezón, en virtud de que a cada animal se le permitió a disponibilidad un pezón sin ordeñar para que mamara en horas de la mañana. Las muestras de leche fueron enviadas al Centro de acopio de leche Asotrab del municipio de Bochalema, Norte de Santander para su análisis nutricional.

Evaluación del desempeño productivo

Para la evaluación del desempeño, los animales fueron pesados al inicio y final del experimento con auxilio de una báscula mecánica (Anexo 4), el pesaje se hizo a las 06h00 siempre en ayuno alimentar de 12 horas.

Evaluación del crecimiento corporal

Para la evaluación del crecimiento corporal, al final del experimento se tomaron las medidas: Altura a la cruz (ACR), amplitud de tórax (ATO), profundidad de tórax (PRT), perímetro torácico (PTO), amplitud de costillas (ACO), longitud diagonal del cuerpo (LDC), longitud total del cuerpo (LTC), longitud de la grupa (LGR), altura a la grupa (AGR) distancia entre ilion (DIL) y distancia entre isquion (DIS). Estas medidas fueron tomadas con auxilio de la cinta métrica y la regla bovinométrica diseñada para tal fin (Anexo 5).

Análisis económico

Para la estimación de la viabilidad económica se utilizó la técnica de presupuesto parcial (Perrin y Col. 1976), la cual considera básicamente, para efectos de comparación, los aumentos adicionales en el costo por concepto de la ración y manejo, en nuestro caso, los costos por mano de obra no se tuvieron en cuenta ya que esta es mínima e insignificante.

La relación costo beneficio se obtuvo mediante la diferenciación del costo de la suplementación Vs. Precio de venta del Kg. PV de ternera destete en las empresas de subasta.

Análisis de laboratorio

Las muestras de pasto y suplemento fueron molidas a 1 mm y analizadas para materia seca (MS) (secado por 16 h a 105°C; método ISO 6496 de 2016), cenizas (combustión completa en mufla a 600°C por 4 h; método AOAC 942.05 de 2019), proteína bruta (PB; Kjeldahl procedimiento; método AOAC 960.52 de 2019), extracto etéreo (Randall procedimiento; método AOAC 2003.06 de 2019), fibra en detergente neutro (FDN; método ISO 16422 de 2016) los cuales fueron reportados en la (Tabla 4).

La producción de leche corregida para el 4% de grasa fue calculada de acuerdo a la ecuación descrita por NRC (2001):

$$Leche_{4\%} (kg) = 0.4 \times (producción\ de\ leche) + [15 \times (grasa\ en\ la\ leche \times producción\ de\ leche/100)]$$

La lactosa, grasa, proteína, densidad, sólidos no grasos, y sólidos grasos contenidos en la leche fueron analizados usando un espectrofotómetro (Julie C3, Scope Electric) los cuales se reportan en la (Tabla 4).

Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados utilizando el PROC MIXED del SAS 9.4 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). La ganancia diaria de peso, peso corporal final y medidas morfométricas fueron sometidas ANOVA utilizando el peso corporal inicial como covariable. La significancia estadística fue considerada cuando $P \leq 0.05$.

Resultados y discusión

El forraje consumido por los animales presentó un contenido promedio de PB de 9.35% en la MS (Tabla 3), siendo este nivel superior al mínimo requerido para que los microorganismos ruminales presenten una adecuada degradación de los carbohidratos fibrosos del forraje (Sampaio *et al.*, 2009).

La producción y composición de la leche no fueron afectadas ($P > 0.10$) por la suplementación de las terneras (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de leche y sus componentes de acuerdo a los tratamientos aplicados a las terneras durante el experimento

| Item | Tratamientos | | EEM | Valor-P |
|------------------------------------|--------------|--------------|-------|---------|
| | Control | Suplementado | | |
| | kg/día | | | |
| Producción de leche | 6.71 | 5.32 | 1.319 | 0.513 |
| Producción de leche _{4G%} | 5.85 | 4.62 | 1.251 | 0.543 |
| Proteína | 3.36 | 3.44 | 0.109 | 0.658 |
| Grasa | 3.13 | 3.23 | 0.225 | 0.784 |
| Lactosa | 4.90 | 5.01 | 0.167 | 0.664 |
| Sólidos totales | 11.40 | 11.68 | 0.181 | 0.340 |

4G%: Leche corregida para el 4% de grasa.

Fuente: Autor

El consumo voluntario de MS, MSL, MO, EE, MOD, FDND y NDT, no fueron afectados ($P > 0.05$) por la suplementación (Tabla 5). A diferencia, el consumo de PB y CNF ($P < 0.05$) fueron mayores en las terneras suplementadas (Tabla 5). Esto es debido a la mayor concentración de estos nutrientes ofrecidos en el suplemento en comparación con el pasto. De igual manera, se observa una disminución en el consumo de MSP y en FDN (Tabla 5) de las terneras que fueron suplementada a diferencia del grupo control que fue mayor. (Paulino *et al.*, 2004), indica que, cuando es ofrecida suplementación a bovinos en el sistema de pastoreo, múltiples efectos asociativos pueden ser observados, donde se puede apreciar un efecto de sustitución, por ende, se reduce el consumo de

pastura al ofrecer suplementos y es muy común cuando son brindados alimentos energéticos o muy concentrados.

Tabla 5. Consumo voluntario de materia seca de las terneras lactantes suplementadas y no suplementadas alimentadas con *Pennisetum* sp en el trópico medio

| Item | Tratamientos | | DE | P-Valor |
|------|--------------|--------------|-------|---------|
| | Control | Suplementado | | |
| | kg/día | | | |
| MS | 3.81 | 3.94 | 0.109 | 0.448 |
| MSP | 3.36 | 2.80 | 0.058 | 0.006 |
| MSS | - | 0.71 | 0.046 | - |
| MSL | 4.07 | 3.73 | 0.562 | 0.721 |
| MO | 3.41 | 3.55 | 0.108 | 0.448 |
| PB | 0.45 | 0.56 | 0.023 | 0.037 |
| EE | 0.18 | 0.21 | 0.022 | 0.334 |
| FDN | 2.18 | 1.98 | 0.038 | 0.037 |
| CNF | 0.41 | 0.62 | 0.007 | <0.001 |
| MOD | 2.39 | 2.58 | 0.149 | 0.440 |
| FDND | 1.46 | 1.37 | 0.070 | 0.405 |
| NDT | 2.39 | 2.66 | 0.148 | 0.299 |
| | g/ kg de PC | | | |
| MS | 25.64 | 25.03 | 0.775 | 0.616 |
| MSP | 22.37 | 17.50 | 0.742 | 0.019 |
| MO | 23.02 | 22.64 | 0.541 | 0.663 |
| FDN | 14.53 | 12.48 | 0.422 | 0.042 |

MS: materia seca; MSP: materia seca de pasto; MSS: materia seca de suplemento; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; FDN: fibra en detergente neutro; CNF: Carbohidratos no fibrosos; MOD: materia orgánica digerida; FDND: fibra en detergente neutra digerida; NDT: nutrientes digestibles totales.

Fuente: Autor

En este estudio, no fue observada diferencia ($P > 0.05$) para la ganancia diaria de peso y peso corporal final de los animales suplementados en relación a los animales del tratamiento control (Tabla 6). Sin embargo, es importante resaltar que, en promedio, los animales presentaron una ganancia de peso promedio diario de 0,835 kg y 0,633 kg, para animales suplementados y control respectivamente, evidenciando una diferencia de GPD de 0,202 kg a favor de los animales suplementados. Según (Paulino *et al.*, 2004), es necesario una GPD superior a 600 gr para conseguir una primera concepción a los 14-15 meses de edad.

La ausencia de diferencia de GPD y PCF entre los tratamientos puede ser justificado por la falta de diferencia en el consumo de MS entre los tratamientos (Tabla 5). Resultados similares en el consumo de MS entre los tratamientos fue debido a que los animales suplementados presentaron un efecto sustitutivo del pasto por el suplemento. De acuerdo con (Maza *et al.*, 2020), la GPD de los bovinos está asociada positivamente con el consumo de MS. Adicionalmente, puede inferirse que el mayor consumo de PB y CNF por los animales suplementados (Tabla 5) no fue suficiente para afectar la GPD y PCF de los animales.

Resultados similares a los reportados en este estudio fueron observados por (Maza *et al.*, 2020), donde terneras Nelore de 3.5 meses de edad obtuvieron ganancias de peso de 792 g/día y 826 g/día con dos niveles de suplementación (4 g/kg PV y 6 g/kg PV) formulado para contener el 30% de proteína cruda. Igualmente, (Prieto *et al.*, 2009) reporta en crías vacunas lactantes bajo el sistema doble propósito donde se suplemento con alimento balanceado comercial 1.5 % del PV, 870.97 g/día para las crías suplementadas y de 435.96 g/día para las crías no suplementadas.

Ganancias diarias de peso en terneros lactantes suplementados inferiores a la de esta investigación fueron reportados por otros autores. (Cárdenas *et al.*, 2015), logrando ganancias de 531 g/día en terneros lactantes suplementados con una mezcla de torta de algodón y maíz molido en razón de 1:1. También, terneros lactantes doble propósito fueron suplementados con salvado de arroz obteniendo ganancias de 469 g/día sobre el grupo control que fue de 332 g/día, (Aguilar & Ortega, 2008).

De igual forma en este estudio en el peso final promedio, el tratamiento suplementado obtuvo una ganancia de peso promedio de 14,76 kg por encima del grupo control (Tabla 6). (Oviedo *et al.*, 2011) y (Cárdenas *et al.*, 2015), reportaron pesos corporales finales inferior a los reportados en esta investigación. Hecho que puede ser atribuido a

la calidad de alimento suministrado a los animales, cabe resaltar el tipo de manejo al que fueron sometidas durante el periodo experimental donde no se presenta un gasto energético considerable a comparación de animales que se encuentren en pastoreo constante.

Tabla 6. Desempeño productivo de terneras suplementadas y no suplementadas alimentadas con *Penisetum sp* en el trópico medio

| Variable | Tratamientos | | EEM | Valor-P |
|----------|--------------|--------------|-------|---------|
| | Control | Suplementado | | |
| GPD (kg) | 0,633 | 0,835 | 0,091 | 0,219 |
| PCF (kg) | 175,54 | 190,30 | 7,378 | 0,255 |

GPD: ganancia de peso diaria, PCF: peso corporal final.

Fuente: Autor

En general, no se evidenció efecto de la suplementación ($P > 0.05$) sobre la ACR, ATO, PRT, PTO, ACO, LDC, LTC, LGR, AGR, DIL y DIS de los animales (Tabla 7). En bovinos, medidas como altura a la cruz y altura a la grupa se componen principalmente de la medida de huesos largos en el animal (patas traseras y delanteras) y son buenos indicadores del desarrollo esquelético (Swali *et al.*, 2008; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2015). La ausencia de diferencia en estas variables indica que ambos tratamientos utilizados en este experimento promovieron un adecuado desarrollo esquelético de los animales (Tabla 7).

El perímetro torácico es un predictor del peso corporal de los animales y, la amplitud y longitud de grupa proporcionan una estimación del área pélvica interna y tienen una relación importante con la distribución de cortes primarios en el cuarto trasero y la incidencia y dificultad de parir en novillas primíparas (Swali *et al.*, 2008; Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2015). Así, la ausencia de diferencia de estas medidas indica que ambos tratamientos proporcionaron nutrientes necesarios para el crecimiento adecuado de los tejidos en los animales (Tabla 7).

Resultados similares a los obtenidos en este estudio fueron reportados por (Silva *et al.*, 2017) y (Maza *et al.*, 2020), quienes suplementaron terneras de carne en fase de lactancia con cantidades de suplemento en condiciones tropicales.

Sin embargo, (Rodríguez-Sánchez *et al.*, 2015) reportaron diferencias en estas medidas en los animales de acuerdo a los tratamientos aplicados, observando un mayor crecimiento para los animales que recibieron mayor cantidad de suplemento.

Tabla 7. Medidas bovinométricas de terneras suplementadas y no suplementadas alimentadas con *Penisetum sp* en el trópico medio

| Variable | Tratamientos | | EEM | Valor-P |
|----------|--------------|--------------|------|---------|
| | Control | Suplementado | | |
| ACR (cm) | 106,4 | 105,6 | 1,07 | 0,627 |
| ATO (cm) | 25,9 | 27,38 | 0,58 | 0,166 |
| PRT (cm) | 48,2 | 48,4 | 0,96 | 0,887 |
| PTO (cm) | 131,1 | 132,1 | 1,24 | 0,614 |
| ACO (cm) | 38,6 | 39,7 | 0,91 | 0,461 |
| LDC (cm) | 80,6 | 80,4 | 1,56 | 0,928 |
| LTC (cm) | 111,2 | 112,5 | 2,32 | 0,713 |
| LGR (cm) | 33,9 | 34,7 | 0,76 | 0,471 |
| AGR (cm) | 111,4 | 112,3 | 2,83 | 0,84 |
| DIL (cm) | 29,1 | 30,5 | 0,8 | 0,307 |
| DIS (cm) | 9,61 | 10,4 | 0,27 | 0,157 |

ACR: altura a la cruz, ATO: amplitud de tórax, PRT: profundidad de tórax, PTO: perímetro torácico, ACO: amplitud de costillas, LDC: longitud diagonal de cuerpo, LTC: longitud total del cuerpo, LGR: longitud de la grupa, AGR: altura a la grupa, DIL: distancia entre íleon, DIS: distancia entre isquion.

Fuente: Autor

En el análisis económico apoyado en la técnica de presupuesto parcial (Tabla 8), observamos como resultado costos variables generados por la suplementación de \$51.390, ingresos netos del grupo control y suplementado de \$264.013 y \$338.182 respectivamente; obteniendo un incremento de ingresos netos de \$74.169 con una tasa de retorno marginal del 1,44 y un beneficio económico de \$22.779, es decir, que por cada peso in-

vertido en la suplementación se recupera \$1.44. A pesar de no generar pérdidas se refleja en una utilidad baja. Esto se justifica, por la implementación de algunas materias primas de mayor costo que genero un incremento en el precio por kilogramo de suplemento suministrado a las terneras.

Tabla 8. Análisis económico mediante la técnica del presupuesto parcial

| Ítems | Tratamientos | |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
| | Control | Suplementado |
| \$/Kg/Suplemento ¹ | 0 | 848,4 |
| \$/Kg/Ternera en subasta ² | 5.025 | 5.025 |
| Ganancia total/Kg | 52,5 | 67,3 |
| Costo variable (\$) | 0 | 51.390 |
| Ingreso neto (\$) | 264.013,5 | 338.182,5 |
| Incremento en el ingreso neto (\$) | | 74.169 |
| Tasa de retorno marginal | | 1,44 |
| Beneficio económico (\$) | | 22.779 |

¹ precio 1kg de suplemento

² precio 1Kg de PV hembra levante en subasta Sugaberrío/Santander reporte de bolsa mercantil de Colombia noviembre 9 del 2020 (Anexo 6).

Fuente: Autor

Resultados inferiores al de este estudio fueron reportados por, (Prieto *et al.*, 2009) con una relación beneficio: costo de 1.1 donde se suplemento con concentrado comercial a crías vacunas lactantes obteniendo 685,5 kg que las crías no suplementadas representando un ingreso adicional de \$2.056.500. De igual forma, resultados superiores fueron obtenidos por, (Oviedo *et al.*,2011) donde suplementaron con semilla de algodón y melaza reportando una tasa de retorno marginal de 1,73, es decir, que, por cada peso colombiano invertido en la suplementación, se recupera en la inversión 73 centavos colombianos, con un beneficio económico de 9.346 pesos colombianos por animal y (Maza *et al.*, 2005) suplemento terneros lactantes con una mezcla de 2 kg de yuca dulce fresca picada más semilla de algodón en relación 75:25 respectivamente durante la época seca generando costos variables por la suplementación de \$26.040, ingresos netos por el grupo experimental y testigo, de \$110.500 y \$60.750 respectivamente; por lo

tanto el incremento en el ingreso neto fue de \$49.750, con una tasa de retorno marginal de 1,91 con un beneficio económico de \$23.710 por animal.

Conclusión

El uso de suplementos energético-proteicos en cantidades de 5 g/kg de peso vivo no mejora el desempeño productivo y crecimiento corporal de terneras lactantes alimentadas con forraje tropical.

El uso de suplementos energético-proteicos en cantidades de 5 g/kg de peso vivo mejora la relación beneficio-costos en la alimentación de terneras lactantes en condiciones de trópico medio.

Recomendaciones

Se recomienda para futuras investigaciones la suplementación energético-proteica con un superior número de unidades experimentales por tratamiento para obtener datos más concisos.

Se recomienda el uso de suplementos energético-proteicos para terneras lactantes a pesar de que no fue observada diferencia en el desempeño productivo y crecimiento corporal de los animales. Dicha recomendación está fundamentada en que la suplementación mejora la composición corporal de los animales (Anexo 7), status nutricional y aumenta la relación costo:beneficio.

Bibliografía

- AGRONET. (2018). *Cuatro cualidades de un suplemento mineral para bovinos*. Ministerio de Agricultura. <https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/4-cualidades-de-un-suplemento-mineral-para-bovinos.aspx>
- Araque, C. (2001). *De la urea en la suplementación de rumiantes*. Sitio argentino de producción animal.
- BeefPoint. (2012). *Descubra cómo hacer un hipómetro de bajo costo para mediciones morfológicas de animales de granja*. Obtenido de: <https://www.beefpoint.com.br/saiba-como-fazer-um-hipometro-de-baixo-custo-para-medidas-morfológicas-de-animais-de-producao/>
- Cardenas, J.E.G., Maza, A.L. y Cardona, A.J. (2015). Comportamiento productivo de terneros lactantes suplementados con maíz más torta de algodón en el departamento de córdoba, Colombia. *Rev Colombiana Cienc Anim* 2015; 7(2):171-178.
- Campos, C.M. y Arce, J. (2016). *Sustitutos de maíz utilizados en la alimentación animal en Costa Rica*. *Rev. Nutrición animal tropical*. Vol. 10 (2) Pág. 91-113.
- Cevallos, O.F. (2012). *Caracterización morfoestructural y faneróptico del bovino criollo en la provincia de Manabi, Ecuador*. Trabajo de fin de Master. Universidad de Cordoba.
- Contreras, G., Chirinos, Z., Zambrano, S., Molero, E. y Paéz, A. (2011). *Caracterización morfológica e índices zoométricos de vacas Criollo Limonero de Venezuela*. *Rev. Fac. Agron.* (28) 91-103.
- Chaquilla, G., Balandrán, R.R., Mendoza, A.M. y Mercado, J.N. (2017). *Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo*. *Rev. Ciencia UAT*. 12 (2) pág. 137-147.

- Chuctaya, R.J. (2017). *Crecimiento corporal y catorce medidas zoométricas de la descendencia de tres reproductores Brown Swiss del Cip Chuquibambilla*. Tesis de grado. Universidad nacional del Altiplano- Puno.
- Contexto Ganadero. (2019). *Esta es la regla que usan para medir los bovinos*. Obtenido de: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/esta-es-la-regla-que-usan-para-medir-los-bovinos>
- Contexto Ganadero. (2016). *La torta de soya, una gran fuente de proteína para el ganado*. obtenido de: <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/la-torta-de-soya-una-gran-fuente-de-proteina-para-el-ganado>
- Contreras, D., Fonseca, M., Marcondes, M.I., Navajas, L., Vierira de Barros, L., Soares, L., Maza, R., Gomes da Silva, A., Mageste de Almeida, D., Sotelo, D.P. y Moura, F.H. (2014). *Parámetros nutricionales y producción de terneros en pastoreo suplementados con diferentes fuentes de alimentos proteicos*. Ciencias Agrarias, Londrina, v. 35, n. 5, 2709-2722.
- CORPOICA., MINAGRICULTURA. Y FEDEGAN. (2002). *Alternativas tecnológicas para la producción competitiva de leche y carne en el Trópico bajo*. Memorias Seminario, Bogotá, 47p.
- DANE. (2015). *La ganadería bovina de doble propósito, una actividad productiva sostenible bajo las buenas prácticas ganaderas (BPGs)*. Boletín mensual Núm. 34. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insu-mos31_abr_2015.pdf
- Dubuc, M.W. (1991). *Zoometría*. Zootecnia General. Dumar, 3era Edición- Caracas Venezuela. Vol. 1. Pág. 281- 289.

- Edwards, H. (1971). *Razas bovinas apropiadas para el ambiente boliviano. ministerio de asuntos campesinos y agropecuarios, asesores británicos en agricultura tropical. Boletín Técnico no 3. Pág. 36, 18.*
- FEDNA. (2011). *Salvado de trigo (20% almidón)*. Fundación española para el desarrollo de la nutrición animal.
- Huertas, H., Huertas, A. (2019). *La ganadería: su aporte al proceso de independencia y desarrollo rural*. Revista Semana.
- Martínez, R.D., Fernández, E.N., Rumiano, F.J. y Pereyra, A.M. (1998). *Medidas Zootécnicas de conformación corporal en bovinos Criollos Argentinos*. Zootecnia Tropical. Vol. 16(2): Pág. 241-252.
- Maza, R.E. y Taboada, R.E. (2005). *Suplementación de terneras lactantes tipo doble propósito con una mezcla de yuca dulce fresca picada más semilla de algodón durante la época seca*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad de Córdoba. Berastegui.
- Maza, R., Fonseca, M., Detmann, E., Navajas, L., Sotelo, D., Contreras, D., Mageste de Almeida, D., Soares, L. & Ramalho, T. (2020). *Supplementation levels for suckling female calves under grazing: productive and nutritional performance and metabolic profile*. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 41, n. 3, p. 945-958, maio/jun. 2020
- Mella, C. (2003). *Suplementación de vacas lecheras de alta producción a pastoreo II*. Universidad de Chile.
- Mendoza, Y. F. (2014). *Efecto de la suplementación con harina de arroz sobre algunos parámetros reproductivos en hembras receptoras*. Tesis de grado. <http://repositorio.ufpso.edu.co:8080/dspaceufpso/bitstream/123456789/376/1/25811.pdf>

- Oviedo, C., Pastrana, A., Maza, L., Salgado, R., Vergara, O. (2011). *Suplementación de terneras lactantes doble propósito en la época seca en el valle medio del Sinú, Colombia*. Rev. U.D.C.A. Act. & Div. Cient. 14. P.57-62.
- Parés, P.M. (2007). *Índices de interés funcional en la raza bovina «Bruna Dels Pirineus»*. En: REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504. Volumen VIII Número 6, <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n060607.html>
- Paulino, M.F., Detmann, E., Valente, E.E.L., Barros, L.V. (2008). *Nutrición de bovinos en pastoreo*. IV simposio sobre manejo estratégico de pasturas. Viçosa. Anais. Viçosa: DZO-UFV. P.131-169.
- Paulino, M.F.; Figueiredo, D.M.; Moraes, E.H.B.K.; Porto, M.O.; Sales, M.F.L.; Acedo, T.S.; Villela, S.D.J., Valadares Filho, S.C. (2004). *Suplementação de bovinos em pastagens: uma visão sistêmica*. Simpósio de produção de gado de corte, 4. Anais. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. pp. 93-144.
- Peruchena, C.O. (2003). *Suplementación de bovinos en sistemas pastoriles*. Sitio argentino en producción animal.
- Pinzón, G. (2007). *Diseño de un sistema para mejorar el rendimiento de una ganadería intensiva doble propósito en la finca Sarvipai en el municipio de Yacopí, Cundinamarca*. Facultad de administración agropecuaria. Universidad de la Salle. Trabajo de grado de especialización en gerencia de empresas agropecuarias. <http://repository.la-salle.edu.co/bitstream/handle/10185/1175/T87.07%20P658d.pdf?sequence=1>
- Prieto, E., Montes, D., Patiño, R., Cuello, H., Regino, C. (2013). *Desempeño productivo y comportamiento ingestivo de terneros recibiendo diferente manejo alimenticio en un sistema doble propósito, departamento de sucre, Colombia*. Rev. Colombiana Ciencia Animal. P.380-395.

- Prometalico. (2020). *Bascula ganadera mecánica*. Obtenido de: <https://www.prometalicos.com/category/ganaderas/ganaderas-mecanicas/>
- Reza, S., Cuadrado, H., Martínez, J., Alvarado, L., Abuabara, Y., Torregroza, L. (2003). *Análisis técnico económico de un manejo de alimentación para bovinos lactantes en el sistema doble propósito en el valle del Sinú*. Carta Fedegan. P.78:200.
- Rodríguez-Sánchez, J. A., Sanz, A., Tamanini, C., & Casasús, I. (2015). *Metabolic, endocrine, and reproductive responses of beef heifers submitted to different growth strategies during the lactation and rearing periods*. Journal of Animal Science, 93(8), 3871-3885. doi: 10.2527/jas.2015-8994
- Salamanca, A. (2010). *Suplementación de minerales en la producción bovina*. Sitio argentino de producción animal.
- Sampaio, C.B.; Detmann, E.; Lazzarini, I.; Souza, M.A.; Paulino, M.F. and Valadares Filho, S.C. (2009). *Rumen dynamics of neutral detergent fiber in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogenous compounds*. Rev Bras Zootecn, 38: 560-569.
- Sañudo, C. (2009). *Valoración Morfológica de los Animales Domésticos*. (Vol. Primera Edición.). Artegraf.
- Silva, A. G., Paulino, M. F., Silva Amorim, L., Rennó, L. N., Detmann, E., Moura, F. H., Melo, L. P. (2017). *Performance, endocrine, metabolic, and reproductive responses of Nellore heifers submitted to different supplementation levels pre- and post-weaning*. Tropical Animal Health and Production, 49(4), 707-715. doi: 10.1007/s11250-017-1248-1
- Soto, C. y Reinoso, V. (2007). *Suplementación proteica en ganado de carne*. Rev. Soc. Vet. del Uruguay (Montevideo) 42(167):27-34.

- Swali, A., Cheng, Z., Bourne, N., & Wathes, D. C. (2008). *Metabolic traits affectin growth rates of pre-pubertal calves and their relationship with subsequent survival*. Domestic Animal Endocrinology, 35(3), 300-313. doi:10.1016/j.domaniend.2008.06.005
- URPA. (2005). *Unidad regional de planificación agropecuaria*. Secretaria de Agricultura de Sucre.
- Valente, E.E.L., Paulino, M.F., Detmann, E., Valadares, S.C., Barros, L.V., Cabral, C.H.A., Silva, A.G., Duarte, M.S. (2012). *Estrategias de suplementación de terneros lactantes y parámetros nutricionales de vacas de carne en pasturas tropicales*. Sanidad y producción de animales tropicales. P.45:487-495.
- Velasquez, J.C. y Álvarez, L.A. (2003). *Relación de medidas bovinométricas y de composición corporal in vivo con el peso de la canal en novillos Brahman en el valle del Sinú*. Universidad Nacional. Palmira, Valle del Cauca.

Anexos

Anexo 1. *Fotografía, terneras utilizadas en experimento.*



Fuente: Autor

Anexo 2. *Fotografías, mezcla y envasado de suplemento energético-proteico.*



Fuente: Autor

Anexo 3. Fotografía, pesaje y suministro de alimento balanceado a terneras.



Fuente: Autor

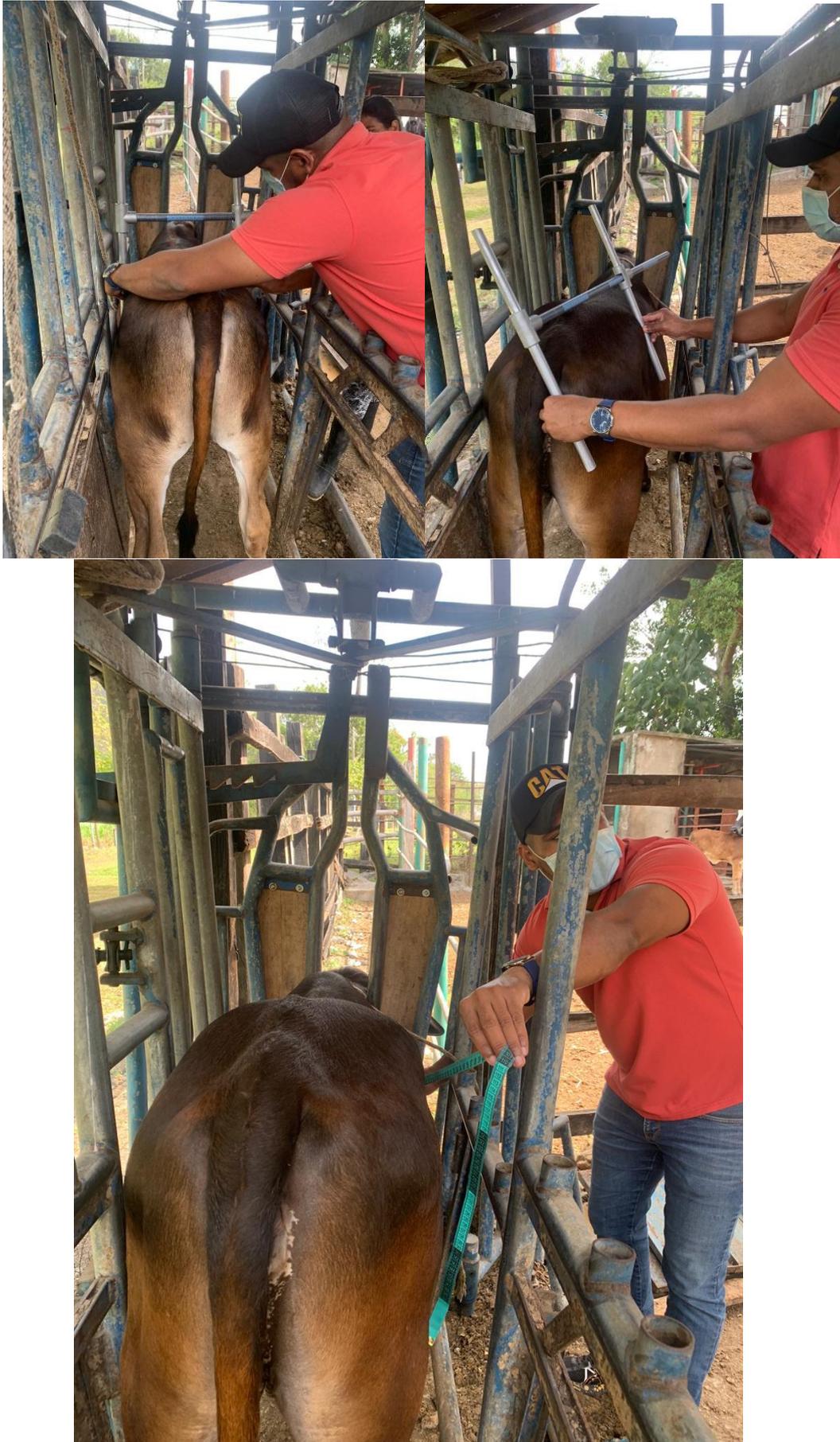
Anexo 4. Fotografía, pesaje de terneras en bascula mecánica.



Fuente: Autor

Anexo 5. *Fotografías, toma de medidas bovinométricas con bastón métrico y cinta métrica.*





Anexo 6. Precios referencia del ganado gordo y flaco en pie en diferentes subastas ganadera en Colombia-noviembre 9 del 2020.

Precio del ganado gordo y flaco en pie (Noviembre 9 de 2020)

PRECIO PROMEDIO GANADO CEBA Y/O GORDO EN PIE (\$/KILO)
Machos primera calidad para subastas o ferias en ese rango de fecha

| REGION | FUENTE DE INFORMACION | Semanas | | |
|-------------------|--|---------------------------|------------------|------------------|
| | | Octubre 30 Noviembre 6 | Octubre 23 al 29 | Octubre 16 al 22 |
| SUBASTANET | SUBASTANET - MC | 4.934 | 4.941 | 4.820 |
| SUBASTANET | SUGABERRIO - Puerto Berrio (2 años) MC | 5.229 | 4.930 | 4.448 |
| MAGDALENA MEDIO | SUGABERRIO - Puerto Berrio (2 3/4 años) MC | - | 4.700 | - |
| MAGDALENA MEDIO | SUGABERRIO - Aguachica (2 años) MC | 4.850 | 4.900 | 5.000 |
| CESAR | SUBASTAR - Bosconia MC | - | - | 4.700 |
| CAQUETÁ | COFEMA ⁽¹⁾ | 4.500 | 4.500 | 4.500 |
| BOGOTÁ | EFEGE BOGOTÁ ⁽¹⁾ | 4.950 | 5.050 | 5.050 |
| ANTIOQUIA | FERA DE GANADOS DE MEDELLIN (Macho Ceba) | 5.346 | 5.159 | 5.314 |
| ANTIOQUIA | CENOCGAN - Surco de Antioquias 2 años (Macho Ceba) | - | 4.200 | - |
| ANTIOQUIA | SUGABERRIO - Cimitarra (2 años) MC | 4.860 | - | 5.020 |
| SANTANDERES | SUGABERRIO - Sabana de Torres (2 años) MC | - | 5.030 | 5.095 |
| SANTANDERES | SUGABERRIO - Sabana de Torres (2 3/4 años) MC | - | - | - |
| SANTANDERES | SUBACASANARE - Yopal (2 años) | 5.100 | 4.638 | 5.000 |
| SANTANDERES | SUBACASANARE - Yopal (2 1/2 años) | 4.525 | 4.841 | 4.875 |
| SANTANDERES | SUBACASANARE - Yopal (2 1/4 años) | 4.888 | 4.544 | 4.758 |
| SANTANDERES | SUBACASANARE - Yopal (3 años) | 4.356 | 4.520 | 4.483 |
| LLANOS ORIENTALES | SUBASTA DE PUERTO LÓPEZ 2 años - Virtual semana anterior | - | 5.517 | 4.975 |
| SUCRE | COCASUCRE - Simcoyo (2 1/2) MC | 4.983 | - | 4.775 |
| SUCRE | SUBASTAR - Simcoyo | 4.707 | 4.778 | - |
| SUCRE | CC SUBASTA GANADERA DEL SINU (2 1/4 años) MC | 5.150 | 4.850 | 5.067 |
| SUCRE | SUBAGAN - Planeta Rica (2 años) MC | 4.767 | 5.009 | 4.930 |
| CÓRDOBA | CENOCGAN - Buenavista 2 años (Macho Ceba) | 5.020 | - | 4.817 |
| CÓRDOBA | SUBASTAR - Morelia MC | 4.883 | 5.058 | 4.599 |
| MAGDALENA | SUGABERRIO - El Banco Magdalena MC | - | 4.975 | - |
| CALDIAS | DORXPO - La Dorada MC | 5.850 | 4.850 | - |

(1) Guadalupe y Cofema son precios de referencia. MC: Macho Ceba

PRECIO PROMEDIO GANADO FLACO
Machos primera calidad para subastas o ferias en ese rango de fecha

| REGION | FUENTE DE INFORMACION | CATEGORIA (EDAD) | Semanas | | |
|-------------------|--|------------------|---------------------------|------------------|------------------|
| | | | Octubre 30 Noviembre 6 | Octubre 23 al 29 | Octubre 16 al 22 |
| ATLÁNTICO | SUBASTAR - Sazananga | ML | 4.950 | 5.228 | - |
| SUBASTANET | SUBASTANET | ML | 5.618 | 5.489 | 5.367 |
| SUBASTANET | SUBAGAN - Planeta Rica | 1 3/4 Años HL | 5.075 | 5.040 | 5.530 |
| SUBASTANET | SUBAGAN - Planeta Rica | 1 1/2 Años HL | 5.306 | 5.294 | 5.294 |
| CÓRDOBA | CC SUBASTA GANADERA DEL SINU SAS | 1 1/2 Años HL | 5.508 | 5.357 | 5.550 |
| CÓRDOBA | SUBASTAR - Buenavista | HL | 5.601 | 5.405 | 5.200 |
| CÓRDOBA | CENOCGAN - Buenavista | 1 1/2 Años HL | 5.571 | - | 5.260 |
| MAGDALENA | SUGABERRIO - El Banco Magdalena | ML | - | 5.180 | - |
| ANTIOQUIA | CENOCGAN - Surco de Antioquias 2 años (Macho Ceba) | 1 1/2 Años HL | 5.300 | - | - |
| MAGDALENA MEDIO | SUBASTAR - Puerto Berrio | 1 1/2 Años HL | 6.026 | 4.474 | 5.129 |
| LLANOS ORIENTALES | SUBASTA DE PUERTO LÓPEZ 2 años - Virtual semana anterior | 1 1/2 HL | - | 5.356 | 5.045 |
| SANTANDERES | SUGABERRIO - Cimitarra | 1 1/4 Años HL | 5.430 | 5.053 | - |
| SANTANDERES | SUBASTAR - Sabana de Torres | 1 1/2 Años HL | 5.613 | - | 5.290 |
| CASANARE | SUBACASANARE - Yopal | 1 1/2 Años HL | 5.617 | 5.700 | 5.300 |
| CASANARE | SUBASTAR - Bosconia | HL | 5.275 | 5.830 | 5.283 |
| CESAR | SUGABERRIO - Aguachica | 1 1/4 HL | 5.600 | 5.620 | 5.400 |
| SUCRE | COCASUCRE - Simcoyo | 1 1/4 Años HL | 5.800 | - | 5.540 |
| SUCRE | SUBASTAR - Simcoyo | HL | 5.883 | 5.571 | 5.937 |
| CALDIAS | DORXPO - La Dorada | ML | 6.800 | 5.000 | - |

PRECIO REGISTRADO EN BOLSA DE GANADO CEBU Y CRIOLLO (Precio x Kilo)*

| Región | Semana | | |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| | 44 / 2020 | 43 / 2020 | 42 / 2020 |
| NACIONAL | 4.833 | 4.775 | 4.841 |
| ANTIOQUIA | 4.890 | 4.720 | 4.802 |
| VALLE DEL CAUCA | 4.650 | 4.654 | 4.798 |
| BOGOTÁ | 5.086 | 5.027 | 5.050 |
| SANTANDER | 5.012 | 4.952 | 4.701 |
| CÓRDOBA | 4.783 | 4.717 | 4.821 |
| CAQUETÁ | 4.257 | 4.206 | 4.280 |
| CALDIAS | 4.794 | 4.725 | 4.595 |
| ATLÁNTICO | 4.643 | 4.594 | 4.639 |
| CESAR | 4.752 | 4.811 | 4.694 |

Fuente: Bolsa Mercantil de Colombia

Anexo 7. *Fotografías, terneras suplementadas al final del experimento.*



Fuente: Autor