

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Y EL MAR  
ESCUELA DE CIENCIAS AGRARIAS**

**Evaluación de la eficacia de dos sistemas de pastoreo con forraje Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) en la Finca Experimental Santa Lucía, Santa Lucía, Barva de Heredia.**

Trabajo Final de Graduación, en modalidad proyecto de graduación como requisito  
para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Agronomía

**Estudiante**

Bach. Brandon Josué Rodríguez Ureña

**Tutor**

M. Sc. Miguel Castillo Umaña

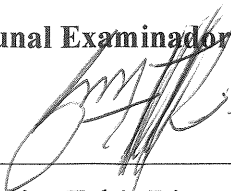
**Asesores**

M. Sc. José Pablo Jiménez Castro  
Lic. José Mario Núñez Arroyo

Campus Omar Dengo  
Heredia, Costa Rica, 2025

**Trabajo final de Graduación presentado como requisito parcial para optar al grado de  
Licenciatura en Ingeniería en Agronomía**

**Tribunal Examinador**




Dr. Carlos Tobía Rivero

Representante del Decanato de la Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar



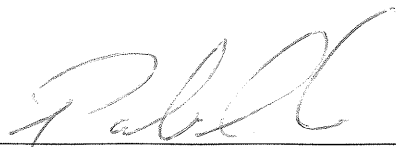
M. Sc. Manuel Campos Aguilar

Representante de Dirección de la Escuela de Ciencias Agrarias



M. Sc. Miguel Castillo Umaña

Tutor



M. Sc. José Pablo Jiménez Castro

Asesor



Lic. José Mario Núñez Arroyo

Asesor



Bach. Brandon Josué Rodríguez Ureña

Sustentante

## **DEDICATORIA**

A Dios, por permitirme estar con salud y guiarme en este camino, permitiéndome superar así los obstáculos y alcanzar esta meta tan anhelada.

Y a mis padres Elvis Rodríguez y Dignora Ureña, así como a mi hermano Erick Rodríguez los cuales han sido un soporte en estos años de estudio y me han ayudado a mantenerme con fuerzas y con el propósito claro, lo que me ha incentivado a seguir dando mi máximo esfuerzo hasta poder llegar acá y conseguir este título tan ansiado.

## **AGRADECIMIENTO**

Un profundo agradecimiento a mi tutor M. Sc. Miguel Castillo, por el apoyo brindado desde que inicié con el anteproyecto hasta ahora con la realización de mi proyecto de graduación, por su dedicación y profesionalismo. Así también, agradecer a mis asesores Lic. José Mario Núñez y M. Sc. José Pablo Jiménez por la dedicación y las recomendaciones ofrecidas, que reforzaron mi proyecto.

Por otra parte, agradecer a todos los colaboradores de la Finca Experimental Santa Lucía (FESL), que me brindaron un soporte y ayuda, permitiéndome realizar el proyecto de graduación donde incluso pude asistir muchos fines de semana a realizar la parte práctica y siempre se mantuvo una buena cordialidad.

Y finalmente, agradecer a cada uno de mis compañeros y profesores, que de alguna u otra manera han formado lo que hoy represento como profesional y como persona, puesto que han sido años de gran aprendizaje en la Escuela de Ciencias Agrarias (ECA) y a la Universidad Nacional de Costa Rica, por darme la oportunidad de estudiar y llevar con orgullo el sello UNA.

## RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la eficiencia de dos sistemas de pastoreo uno convencional y otro en franjas, en la Finca Experimental Santa Lucía (FESL), Barva de Heredia, Costa Rica, utilizando pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) como recurso forrajero, dentro de los principales del país y de disponibilidad en la FESL, se desarrolló la siguiente evaluación. Se analizaron factores como consumo aparente de biomasa, eficiencia en el uso aparente del forraje, costos asociados al manejo de cada sistema y estrategias de manejo pastoril para el aprovechamiento del recurso forrajero disponible. Se evaluaron 16 días para cada sistema, donde se utilizaron 32 vacas de la raza Jersey, con un peso vivo promedio de 450 kg por animal, lo que equivale a 32 unidades animales (UA) (1 UA = 450 kg de peso vivo), entre su primera y quinta lactancia, con una producción media individual de 12 a 15 L·vaca<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup> durante el período experimental, para la evaluación del estudio realizado. Como resultado, el sistema de pastoreo en franjas logró una eficiencia aparente del uso forrajero del 43.90%, superando al sistema convencional, que alcanzó un 26.69%, lo que se atribuyó a una mejor gestión del área de pastoreo y optimización de la disponibilidad de forraje. Asimismo, desde el enfoque económico, la implementación del sistema de pastoreo en franjas significó un mayor costo inicial debido a los insumos y a la necesidad de una demanda de mano de obra mayor. Sin embargo, se demuestra que es una alternativa rentable a mediano plazo al evidenciar un mejor uso aparente del forraje y un mayor consumo de materia verde y materia seca por animal. En consecuencia, se recomiendan una serie de estrategias de manejo pastoril, con el fin de optimizar el aprovechamiento del recurso forrajero, reducir los costos y promover la sostenibilidad del sistema productivo.

## ABSTRACT

With the objective of evaluating the efficiency of two grazing systems—one conventional and the other strip grazing—at the Santa Lucía Experimental Farm (FESL), Barva de Heredia, Costa Rica, using African Star grass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) as the forage resource, one of the main species in the country and available at the FESL, the following evaluation was conducted. Factors such as apparent biomass intake, apparent forage use efficiency, management costs associated with each system, and pastoral management strategies for optimizing the utilization of the available forage resource were analyzed. A total of 16 days were evaluated for each system, using 32 Jersey cows with an average live weight of 450 kg per animal, equivalent to 32 animal units (AU) (1 AU = 450 kg live weight), ranging from their first to fifth lactation, with an average individual milk production of 12 to 15 L·cow<sup>-1</sup>·day<sup>-1</sup> during the experimental period. As a result, the strip grazing system achieved an apparent forage use efficiency of 43.90%, surpassing the conventional system, which reached 26.69%. This improvement was attributed to better pasture area management and optimization of forage availability. Furthermore, from an economic perspective, the implementation of the strip grazing system entailed a higher initial cost due to input requirements and increased labor demand. However, it proved to be a profitable medium-term alternative, as it demonstrated improved apparent forage utilization and greater green and dry matter intake per animal. Consequently, a series of pastoral management strategies are recommended to optimize forage resource utilization, reduce costs, and promote the sustainability of the production system.

## Índice General

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>13</b>
2.1 GENERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	14
<b>3. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>14</b>
3.1 Características agronómicas de recursos forrajeros .....	14
3.2 Pasto Estrella africana ( <i>Cynodon nlemfuensis</i> Vanderyst).....	14
3.2.1 Origen y descripción botánica .....	15
3.2.2 Adaptación.....	15
3.2.3 Producción de biomasa.....	16
3.2.4 Valor nutricional.....	16
3.3 Prácticas de manejo y establecimiento.....	16
3.4 Sistemas de pastoreo .....	17
3.4.1 Tipos de pastoreo .....	17
3.4.2 Factores que influyen en la selección del pastoreo .....	18
3.5 Eficiencia en la utilización de recursos forrajeros .....	18
3.5.1. Métodos para evaluar la eficacia en el aprovechamiento de forrajes .....	18
3.5.2. Métodos de evaluación de la disponibilidad de biomasa .....	19
3.6 Importancia de optimizar el uso de los recursos forrajeros.....	19
3.7 Costos de producción.....	20
3.7.1 Importancia de la evaluación económica de los sistemas ganaderos.....	20
<b>4. METODOLOGÍA.....</b>	<b>21</b>
4.1 Ubicación y características agroclimáticas de la zona .....	21
4.2. Evaluación de sistemas de pastoreo.....	21
4.2.1 Animales a utilizar en el pastoreo.....	21
4.2.2 Oferta de forraje y área de pastoreo ofrecida .....	22
4.2.3 Variables a evaluar .....	22
4.2.3.1 Consumo aparente de biomasa forrajera por animal.....	22
4.2.3.2 Consumo aparente de materia seca por animal .....	23
4.2.3.3 Eficiencia aparente del uso del forraje.....	23
4.2.4 Diseño experimental y análisis estadístico .....	24

4.3	<b>Análisis del costo asociado al manejo de la biomasa de forraje consumida</b>	24
4.3.1	Mano de obra	25
4.3.2	Insumos	25
4.3.3	Costos asociados al manejo por kg de MV y MS	26
4.4	<b>Desarrollo de estrategias de utilización de forrajes</b>	26
<b>5.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>27</b>
5.1	Evaluación de sistemas de pastoreo	27
5.1.2	Sistema de pastoreo convencional	27
5.1.3	Sistema de pastoreo en franjas	28
5.1.4	Comparación de los sistemas de pastoreo empleados	29
5.2	Costos de la biomasa forrajera consumida según el sistema de pastoreo	34
5.3	Propuesta de estrategias para la optimización del uso del recurso forrajero	38
5.3.1	Reducción del área de los potreros y manejo de carga animal	38
5.3.2	Estimación del área de potreros en función a la producción de forraje	39
5.3.3	Implementación sistemática del pastoreo en franjas	39
5.3.4	Manejo estratégico de los bebederos de agua en sistemas de pastoreo	40
5.3.5	Ajuste de la intensidad de pastoreo para maximizar consumo y eficiencia	41
5.3.6	Estimaciones periódicas de aforo como estrategia para optimizar el pastoreo	41
<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>43</b>
<b>7.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>44</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>45</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	<b>53</b>

## Índice de Figuras

<b>Figura 1. <i>Eficiencia aparente del uso forrajero en base a MV, del sistema de pastoreo convencional.....</i></b>	<b>27</b>
<b>Figura 2. <i>Eficiencia aparente del uso forrajero en base a MV, del sistema de pastoreo en franjas.....</i></b>	<b>28</b>
<b>Figura 3. <i>Medias <math>\pm</math> error estándar de la eficiencia aparente del uso forrajero de los sistemas de pastoreo.....</i></b>	<b>30</b>
<b>Figura 4. <i>Medias <math>\pm</math> error estándar del consumo aparente diario de MV por UA en los sistemas de pastoreo.....</i></b>	<b>30</b>
<b>Figura 5. <i>Gráfico de caja con la distribución y media de valores del consumo diario aparente de MV por UA de los sistemas de pastoreo .....</i></b>	<b>31</b>
<b>Figura 6. <i>Medias <math>\pm</math> error estándar del consumo diario aparente de MS por UA en los sistemas de pastoreo.....</i></b>	<b>32</b>
<b>Figura 7. <i>Gráfico de caja con la distribución y media de valores del consumo diario aparente de MS por UA de los sistemas de pastoreo .....</i></b>	<b>33</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1. Costo inicial para la ejecución del manejo asociado a los sistemas de pastoreo.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 2. Costo asociado al manejo del pastoreo convencional en 16 días.....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla 3. Costo asociado al manejo del sistema de pastoreo en franjas en 16 días.....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla 4. Costo asociado al manejo por kg de MV y MS, y consumos aparentes de los sistemas de pastoreo en 16 días.....</b>	<b>37</b>

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1. Dieta formulada para el hato en producción de la FESL, según los requerimientos nutricionales del NRC (2001) .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 2. Análisis de muestras del forraje Estrella africana en el LAPAV, en época de invierno 2024.....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 3. Eficiencia aparente del uso forrajero del sistema de pastoreo convencional .....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 4. Variables del sistema de pastoreo convencional en 16 días de observación .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 5. Eficiencia aparente del uso forrajero del pastoreo en franjas .....</b>	<b>56</b>
<b>Anexo 6. Variables del sistema de pastoreo en franjas en 16 días de observación .....</b>	<b>57</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel mundial existe un incremento poblacional, el cual significará un aumento en la demanda de alimentos, proyectándose que el consumo de leche aumente un 58% y el de carne un 73% para el año 2050 (Ferrufino et al., 2022). Por consiguiente, la tecnificación e intensificación de los sistemas ganaderos tropicales resulta fundamental, para que de esta manera se pueda producir de una forma eficiente (Pezo, 2019).

En la actualidad, uno de los principales retos de la ganadería de las zonas tropicales suele ser el problema de estrés nutricional que se presenta, de forma permanente o temporal, debido a limitaciones en el aporte tanto en cantidad como en calidad de forraje (Maldonado et al., 2020). Esto repercute en el consumo de materia seca (CMS), siendo este un indicador que depende de varios factores y resulta de gran importancia, principalmente en animales que se encuentran en sistemas de pastoreo que cosechan su propio alimento; ya que permite determinar la cantidad de nutrientes disponibles para la salud, reproducción y producción de los animales (Cardona et al., 2021).

En condiciones de pastoreo, el crecimiento del forraje no depende únicamente de la disponibilidad de nutrientes en el suelo y de las condiciones climáticas, sino también de la interacción con los animales, ya que incide en las respuestas morfológicas y fisiológicas del forraje (Acosta, 2021). Debido a esto, para el productor ganadero, uno de los mayores retos es mantener la oferta de forraje constante durante todo el año (Ocampo, 2020), por lo que muchas veces necesita recurrir a la suplementación alimenticia externa a sus sistemas productivos, generando costos adicionales.

En Costa Rica, la producción de forrajes tiene gran relevancia para el sector productivo tanto de ganadería de carne como de leche, al ser una de las fuentes primordiales de alimento para los animales (Rizo et al., 2022). Es importante señalar que, la utilización de forrajes representa un ahorro a nivel económico para dicho sector, en comparación a la utilización de otras fuentes alimenticias (César da Silva et al., 2014). Uno de los principales forrajes que se emplean en el país es el Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) especie que, por sus características de

nutrición, adaptación y producción en variedad de ambientes y tipos de suelos, se suele utilizar de manera abundante en sistemas ganaderos (Coto y Rojas, 2022; Paris et al., 2016).

En cuanto al sistema de pastoreo, el manejo se fundamenta en los principios de interacción de los pastos en relación con el animal y, por otro lado, el aprovechamiento de la masa forrajera dependerá del sistema a utilizar (Neri, 2023). El pastoreo en franjas es una técnica que ha incrementado su auge ya que es una estrategia que implementa franjas mediante cercas eléctricas móviles en los potreros, siendo habilitadas según intervalos de tiempo definidos por el sistema productivo y la extensión de metros cuadrados a pastorear; de manera que se proporcione a los bovinos comida fresca y se aproveche mejor el forraje disponible, mejorando así la gestión y la eficacia del pastoreo (Ocampo, 2020).

No obstante, se siguen manejando sistemas de pastoreo que son ineficientes generando un menor aprovechamiento y aporte nutricional a los animales, por consecuente es necesario la evaluación de los sistemas en busca de la maximización de la masa forrajera y el aporte nutricional, sin afectar negativamente el desarrollo fisiológico de la planta a través del tiempo (Becker et al., 2018; Neri, 2023).

Por ende, la finalidad del presente proyecto es evaluar la eficiencia de utilización del forraje Estrella africana de acuerdo con la comparativa del pastoreo convencional y el pastoreo de franjas aplicados en la Finca Experimental Santa Lucía, para la generación de estrategias que fomenten la optimización del recurso forrajero.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 GENERAL**

Evaluar la eficiencia del uso del recurso forrajero del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) mediante la implementación de dos métodos de pastoreo en la Finca Experimental Santa Lucía para la generación de estrategias que aumenten la optimización del uso del forraje.

## 2.2 ESPECÍFICOS

1. Determinar el consumo del pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) en un sistema de pastoreo convencional y un sistema de pastoreo de franjas mediante la estimación de la disponibilidad de biomasa antes y después del pastoreo.
2. Analizar el costo de la biomasa de forraje consumido en un sistema de pastoreo convencional y un sistema de pastoreo de franjas considerando costos asociados al manejo del pastoreo.
3. Proponer estrategias de manejo pastoril para la maximización del uso del recurso basado en los resultados de la evaluación de sistemas.

## 3. MARCO TEÓRICO

### 3.1 Características agronómicas de recursos forrajeros

Los pastos o recursos forrajeros se suelen reconocer como las principales fuentes de alimento para los rumiantes en los trópicos, por ello, su rendimiento y calidad nutricional son factores fundamentales para definir productividad en el animal que se encuentra en los sistemas de pastoreo (Avellaneda et al., 2020). Por otra parte, no se suele considerar la mejor edad de rebrote cuando se encuentra al mayor valor nutricional y la máxima digestibilidad de la materia seca (MS) (Herrera et al., 2023), lo que disminuye en términos de rendimientos la productividad del sistema.

### 3.2 Pasto Estrella africana (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst)

Coto y Rojas (2022) hacen mención de que, en Costa Rica la producción de forrajes suele representar un nivel de importancia clave para el sector productivo ganadero, debido a que es una fuente primordial de alimento para el ganado contando con pastos principales como el pasto Estrella africana (*C. nlemfuensis* Vanderyst). Esta especie es una gramínea C4 perenne ampliamente utilizada en América Central y del Sur, gracias a su capacidad de adaptación, fácil establecimiento, alta producción de biomasa, buena palatabilidad y resistencia tanto a factores bióticos como abióticos, siendo factores determinantes para su implementación en los sistemas especializados de producción lechera del país (Picado et al., 2024).

### 3.2.1 Origen y descripción botánica

*C. nlemfuensis* Vanderyst es una especie originaria de África Oriental, esta posee dos variedades taxonómicas: var. *nlemfuensis* y var. *robustus*. A pesar de mantener un mismo centro de origen, *Cynodon nlemfuensis* var. *robustus* se encuentra mayormente en regiones con altos niveles de precipitación, mientras que var. *nlemfuensis* presenta mayores condiciones de tolerancia a la sequía (Jayme et al., 2022).

El pasto Estrella africana se reconoce por ser de origen tropical perenne de clima caliente, cuyo desarrollo se presenta mediante estolones que frecuentemente son leñosos, permitiéndole propagarse velozmente al regenerar raíces profundas y culmos cercanos al metro de altura donde simultáneamente generan semillas que facilitan su dispersión. Además, este tipo de pasto suele ser más suave, palatable y digestible en comparación a otros pastos, incluso de su misma especie como el Bermuda (*C. dactylon*) y es propenso a verse afectado negativamente ante condiciones de clima frío (Villalobos y Arce, 2013).

### 3.2.2 Adaptación

El pasto Estrella africana, gramínea tropical, son muy susceptibles a los cambios de horas luz en el transcurso del año, ya que bajo las condiciones tropicales no existen estacionalidades marcadas, afectando así la producción de biomasa como su valor nutricional (Ferrufino et al., 2022). Por otra parte, este debe contar con un ciclo de descanso de 4 a 5 semanas entre los pastoreos continuos, con el fin de mantener su persistencia y que no se vea influenciada, manteniendo así producciones de alta concentración de MS (12 a 17 toneladas por hectárea), con un contenido proteico de 11 a 16% y una digestibilidad de 55 a 60% (Villalobos y Arce, 2014).

Dicho forraje se puede establecer entre los 15 °N y 15 °S de latitud y desde los 2300 msnm, dando un rango de temperaturas que oscilan entre los 20 a 27 °C a pesar de ello, existen cultivares que poseen la capacidad de resistir temperaturas menores. Adicionalmente, el pasto Estrella africana demanda de suelos fértiles con humedad y buenos drenajes presentes (Villalobos y Arce, 2014).

### **3.2.3 Producción de biomasa**

El pasto Estrella africana reduce su habilidad de regeneración (rebrote) al ser expuesto a altas presiones de pastoreo o cortes frecuentes en suelos infértiles, permitiendo que las especies invasoras de hojas anchas u otros pastos ingresen con mayor facilidad. El manejo de las especies invasoras es un punto clave puesto que, la competencia por los recursos esenciales (agua, nutrientes y espacio en el suelo) afecta la disponibilidad de biomasa en los pastos, limitando la alta calidad nutricional de producción de forraje y disminuyendo los rendimientos en el hato a nivel productivo (Villalobos y Arce, 2013).

### **3.2.4 Valor nutricional**

En cuanto a los valores nutricionales los forrajes suelen diferir, ya sea en estructura, composición de su pared celular, especie de planta, partes anatómicas entre otras, por ello se requieren estudios para evaluar nutricionalmente los forrajes tropicales mediante análisis químicos, pruebas *in situ* e *in vitro* para su caracterización (Herrera et al., 2023). Villalobos y Wing Ching (2020) mencionan que, se deben recopilar datos sobre la cantidad de biomasa generada y su composición botánica en todo su ciclo, ya que esto permite generar una estimación de las fluctuaciones en el valor nutricional.

En cuanto al pasto Estrella africana que se maneja con un ciclo de pastoreo de 28 días, se observan producciones promedio de biomasa de 4,642 kg de MS por hectárea por ciclo, con un porcentaje de aprovechamiento del 43.05%. Además, se pueden encontrar porcentajes aproximados de MS (22.09%), proteína cruda (20.25%), fibra detergente neutro (72.81%), fibra detergente ácida (37.88%), extracto etéreo (0.91%) y cenizas (8.69%) (Villalobos y Wing, 2020).

## **3.3 Prácticas de manejo y establecimiento**

Los forrajes han sufrido cambios a causa de los usos del suelo, sobrepastoreos y las condiciones climáticas, generando el deterioro de estos recursos. Por ello, la rehabilitación de los pastos es una actividad imprescindible para poder contrarrestarlo, además modificar la carga animal junto con las buenas prácticas agrícolas para mejorar las distribuciones del pastoreo es recomendada para preservar y renovar las condiciones de los pastizales áridos y semiáridos (Jurado et al., 2021). Además, es importante asegurar el valor nutritivo de los animales al utilizar rangos de días de cosecha o realizar un sistema de rotación de pastoreo, dentro de estos, oportunidades de

consumo son imprescindibles para ejecutar un sistema productivo sin sacrificar ganancias de peso o producción de leche. (Villalobos y Arce, 2014).

### **3.4 Sistemas de pastoreo**

Los sistemas de pastoreo tradicionales en regiones tropicales suelen carecer de prácticas adecuadas de manejo de potreros y forrajes. Como señalan Avellaneda et al. (2020), es común encontrar pastizales conformados por pastos nativos o introducidos, sin embargo, con manejos deficientes o inexistentes, sin cambios en los sistemas de pastoreo, sin conocimiento sobre el valor nutricional de los forrajes en diferentes etapas de crecimiento y sin control sobre la edad de rebrote. Esta situación conlleva a que los rumiantes no puedan aprovechar al máximo el potencial nutritivo que ofrecen los pastos tropicales cuando se encuentran en una etapa óptima de rebrote para el pastoreo o para el corte.

#### **3.4.1 Tipos de pastoreo**

Con respecto a tipos de pastoreo existen gran variedad de sistemas o métodos implementados en el sector agropecuario, sin embargo, para efectos de la presente investigación se tomará en cuenta el pastoreo convencional y el de franjas.

El pastoreo convencional suele ser uno de los más tradicionales y ampliamente utilizados en la actualidad, ya que el ganado permanece en un mismo potrero o área durante un periodo prolongado y no se define un intervalo de descanso o rotación definidos. Por otra parte, el pastoreo de franjas es un sistema con cualidades más intensivas donde los animales tienen acceso a franjas estrechas de forrajes por periodos cortos, generalmente de 1 a 3 días (Carrera et al., 2015).

El pastoreo de franjas se ha implementado como una de las alternativas más eficientes al manejar el área de pastoreo, el tiempo de ocupación, la eficiencia en la utilización del forraje disponible, la distribución de manera más uniforme de las deyecciones del hato y el beneficio del rebrote de las especies forrajeras. Por otra parte, dichos sistemas de pastoreo se han estudiado y utilizados de forma frecuente, sin embargo, su selección se centrará en factores como: tipo de producción, condiciones ambientales y recursos disponibles en cada sistema productivo (Carrera et al., 2015).

### **3.4.2 Factores que influyen en la selección del pastoreo**

El éxito de la ganadería suele estar ligado al entorno (ubicación geográfica y el clima) puesto que impactan en la disponibilidad de nutrientes para los animales. Para generar una mayor calidad de la carne y la leche, es fundamental aumentar la producción de pastos de manera sostenible en los sistemas de producción, en vista que requiere un enfoque adecuado para la gestión del ganado, orientado a optimizar la productividad y obtener productos que cumplan las exigencias de los consumidores (Delgado et al., 2022).

Una mayor concentración de hojas en la capa superior de la pastura se ha relacionado al obtener una mayor productividad al pastorear, generando mayor digestibilidad y consumo de MS, ayudando a mitigar los cambios causados por variaciones climáticas en la oferta y calidad de los forrajes. Además, en la zona tropical, se puede practicar el pastoreo de forma continua durante todo el año a causa de las condiciones climáticas favorables (Jayme et al., 2022; Paris et al., 2016).

Pastos como el Estrella africana, por su morfología, tienden a generar una mayor cantidad de hojas secas y tallos viejos. Esto resulta en que los animales consuman principalmente los rebrotes tiernos en el dosel de la pastura, sin llegar al estrato inferior, creando mayor senescencia. No obstante, prácticas de manejo de pasturas ayudan a reducir este problema, facilitando el rebrote con una estructura mejorada con más hojas y menos tallos, siendo más palatable para el ganado en pastoreo (Villalobos y Arce, 2013).

### **3.5 Eficiencia en la utilización de recursos forrajeros**

La selección del momento oportuno de cosecha en pasturas o para implementar pastoreos se suele apoyar en criterios de fenología, intervalo y altura de corte, entre otras, buscando evitar un deterioro del dosel y a su vez aumentar la eficiencia del uso de forraje producido sin causar un impacto en la persistencia de la pastura (Villalobos & Wing, 2019).

#### **3.5.1. Métodos para evaluar la eficacia en el aprovechamiento de forrajes**

Desde una perspectiva del manejo del cultivo, el objetivo se alcanza al documentar datos sobre la producción de biomasa obtenida y su composición botánica mediante el pasar de los años, puesto que se logra obtener un resumen del inventario del forraje que permite proyectar las

capacidades de carga del sistema productivo, las variaciones de los aportes nutricionales y las posibles áreas de mejora en los sistemas de pastoreo (Villalobos & Wing, 2019) .

De igual forma, conocer los constituyentes de la pastura es un facilitador de medición que brinda la oportunidad de categorizar la degradación de las pasturas, donde una presencia de maleza mayor del 10%, leguminosas en un 2% y una biomasa menor del 80% proveniente de la gramínea principal, indica un inicio del proceso de degradación (Villalobos y Wing, 2020).

### **3.5.2. Métodos de evaluación de la disponibilidad de biomasa**

El proceso de evaluación de la biomasa disponible en las pasturas es fundamental en las fincas ganaderas a causa de la interacción directa entre la cantidad de forraje consumido por día por los animales (kg por vaca) y su impacto en la carga animal (CA), donde se ha notado que conforme aumenta la disponibilidad de biomasa, la carga animal disminuye, generando así una disminución en la eficiencia del pastoreo de los animales. (Castro, 2017).

El manejo y la utilización de pasturas en explotaciones lecheras generan un impacto significativo en la eficiencia de los recursos, ya que una adecuada gestión de la biomasa disponible permite optimizar la producción y el bienestar animal (Bernal et al., 2024). Además, herramientas no destructivas como el Botanal® permiten identificar deficiencias en el forraje que pueden afectar el CMS y el requerimiento nutricional de los animales rumiantes (Castro, 2017).

### **3.6 Importancia de optimizar el uso de los recursos forrajeros**

En términos generales es importante analizar y evaluar la productividad del cultivo, composición botánica y la dinámica del pastoreo planteado, ya que esto resulta como un indicador de sostenibilidad, puesto que las pasturas suelen competir con las coberturas secundarias por espacio, radiación, nutrientes de los componentes del suelo, lo que podría reducir su disponibilidad y su calidad (Galon et al., 2018).

Por otra parte, la creación de sustitutos alimenticios suele darse dependiendo de la cantidad de suplemento y calidad del forraje disponible, por ello cuando los agregados energéticos se asocian con pastos de buen vigor, la sustitución se puede presentar con cantidades menores, ya que se aprovecharía con mayor facilidad el método de pastoreo, obteniendo mayor rentabilidad y estabilidad en el sistema productivo (Bones et al., 2023).

### **3.7 Costos de producción**

En Costa Rica durante el año los productores de leche, generalmente invierten en el mantenimiento de sus pasturas, impactando de esta manera los costos de producción y por consiguiente la productividad, así como su competencia en el mercado lácteo sino presentan buenas prácticas agrícolas, por ende, un problema presente es que las evaluaciones de sistemas de pastoreo a menudo pasan por alto el aspecto económico al analizarlos, a pesar de la amplia relación que poseen estos factores con la rentabilidad en los sistemas productivos (Villalobos et al., 2013). Además, en este país el costo de producción de leche es variable e influenciado altamente por la alimentación, ya que, según Calvo (2021) se reportan costos entre los ₡140,5 (\$0,27) y ₡252,53 (\$0,48) por kilogramo de leche, presentando el mayor porcentaje de los costos en alimentación entre un 52 a un 54%, en segundo lugar, la mano de obra entre un 19 a 20%, seguidamente de costos como mantenimiento, reproducción, salud, transporte, servicios, gastos financieros, depreciaciones como otros.

Por otra parte, se considera que un sistema de pastoreo exitoso puede disminuir costos de producción total de forma eficiente, no obstante, en muchos casos implementar el uso del pastoreo resulta ser un reto, pues no se cuenta con una estructura de costos viable (Estrada et al., 2018). Además, en Costa Rica las fincas lecheras han reflejado aumentos en el valor de la tierra a causa de la diversificación de actividades (turismo y construcción), factores de la actualidad que crecen con mayor apogeo en regiones históricamente agrícolas; por ello, la productividad se tiene que realizar con relación al área disponible, para determinar un sistema de pastoreo eficiente (Villalobos et al., 2013).

#### **3.7.1 Importancia de la evaluación económica de los sistemas ganaderos**

La reducción de los gastos en explotaciones lecheras puede lograrse mediante la implementación de forrajes de calidad y un aumento en la eficiencia del uso de los recursos disponibles, donde una evaluación de los costos de producción en los recursos forrajeros se fundamenta como un factor determinante para preservar y fortalecer la competitividad de los sistemas productivos (Calvo, 2021). Además, a pesar de la relevancia de la estimación y los conocimientos en costos de producción, en Costa Rica no se encuentran registros o datos sobre este aspecto de la actividad lechera, lo que genera un punto de origen e incentivo para desarrollar

este tipo de investigación y estar al tanto de valores más recientes en relación costos de producción y comportamientos de sus variables en el sector lechero del país (Calvo, 2021).

## **4. METODOLOGÍA**

### **4.1 Ubicación y características agroclimáticas de la zona**

La investigación se llevó a cabo en la Finca Experimental Santa Lucía (FESL), de la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), ubicada en Santa Lucía, Barva de Heredia, cuyas coordenadas geográficas son: latitud 10.022008 y longitud -84.111982. Esta se encuentra a una altitud de 1250 m s. n. m. Respecto a la topografía, varía entre plana a escarpada, contando con suelos superficiales profundos, moderadamente fértiles, con buena estructura y una pedregosidad abundante (Arias, 2018). Además, según el Instituto Meteorológico Nacional (2017), la ubicación del estudio mantiene una precipitación anual de 2371 mm, una humedad relativa de 78% en promedio y una temperatura media anual de 21,50 °C. Asimismo, dicho estudio se realizó en época de invierno (entre agosto y octubre) del 2024.

### **4.2. Evaluación de sistemas de pastoreo**

Se compararon dos sistemas de pastoreo: pastoreo en franjas y pastoreo convencional con apertura total de área asignada por ciclo. Se ofrecieron 7,5 horas de pastoreo en el estudio (6 a.m a 1:30 p.m). En ambos sistemas se ofrecieron áreas equivalentes que garantizaron una oferta diaria de forraje superior a la capacidad de consumo de los animales, pero ofrecidos a los animales de dos formas distintas: a) apertura total del área diaria asignada y b) apertura gradual del área diaria asignada mediante franjas. En el caso del sistema de pastoreo en franjas, se utilizaron 3 franjas, estas fueron abiertas cada 2.5 horas (franja 1: de 6:00 a.m a 8:30 a.m; franja 2: de 8:30 a.m a 11:00 a.m y franja 3: de 11:00 a.m a 1:30 p.m) durante el pastoreo diurno entre periodos de ordeño (realizados a las 5:00 a.m y 3:00 p.m). Para la evaluación se utilizaron 16 áreas de pastoreo, en donde se evaluaron ambos sistemas. Se manejó un área de pastoreo distinta por día para completar un total de 16 días de evaluación en ambos grupos.

#### **4.2.1 Animales a utilizar en el pastoreo**

Se utilizó un grupo de 32 vacas de la raza Jersey adultas en periodo de lactancia de la FESL. El peso vivo promedio por animal fue de 450 kg, empleándose este valor como referencia para la

conversión a unidad animal (UA), definiéndose 1 UA = 450 kg peso vivo, para el estudio correspondió a 32 UA. Además, las UA empleadas se encontraban entre la primera y quinta lactancia, con una producción individual promedio de 12 a 15 L·vaca<sup>-1</sup>·día<sup>-1</sup> durante el período de evaluación (época de invierno, agosto – octubre 2024). Asimismo, la dieta de estos animales consistió en forraje de pasto Estrella africana, y suplementado con forraje de King Grass de corta, melaza, alimento balanceado (AB) y minerales. Se ofreció a cada animal forraje para cumplir como mínimo una proporción de 57% de forraje de materia verde (MV) respecto a la dieta total consumida. La dieta ofrecida (Anexo 1) se formuló según los requerimientos nutricionales indicados por el NRC (2001), para cubrir las necesidades nutricionales del grupo analizado.

#### **4.2.2 Oferta de forraje y área de pastoreo ofrecida**

En ambos sistemas de pastoreo, se ofreció una cantidad de forraje superior al consumo esperado. Diariamente, antes del ingreso del hato al pastoreo, se realizó el cálculo de la oferta de área por unidad animal (UA) correspondiente al estudio. Esta oferta de área se calculó para ofrecer como mínimo un 10% adicional a lo requerido para evitar que la oferta fuera limitante. Para calcular el área mínima en metros cuadrados que garantizara al menos un 10% adicional respecto al requerimiento de forraje por UA, se procedió de la siguiente manera: primero, se determinó la biomasa disponible por metro cuadrado mediante la técnica de Botanal® (Tothill et al., 1992). Luego, se calculó el área base dividiendo el requerimiento diario de forraje por UA (expresado en kg) entre la biomasa disponible por metro cuadrado. El resultado de esta operación corresponde al área necesaria para cubrir exactamente dicho requerimiento. Finalmente, este valor se multiplicó por 1,10, lo cual equivale a incluir un 10% adicional, asegurando así que la oferta forrajera no resultara limitante durante el pastoreo. Además, los potreros en los que se llevó a cabo el proyecto tenían un área aproximada de 3 500 m<sup>2</sup>, y ya estaban preestablecidos dentro del sistema de pastoreo de la FESL.

#### **4.2.3 Variables a evaluar**

##### **4.2.3.1 Consumo aparente de biomasa forrajera por animal**

Posterior al pastoreo, se evaluó el consumo del recurso forrajero mediante la determinación del consumo aparente de biomasa forrajera, calculado como la diferencia entre la biomasa disponible en condición de prepastoreo y la biomasa remanente en condición de pospastoreo.

Ambos valores se estimaron efectuando la técnica de Botanal® (Tothill et al., 1992). Una vez calculada la cantidad de biomasa consumida por hectárea ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), este valor se dividió entre el número total de UA asignados al potrero (32 UA), para estimar el consumo aparente de biomasa por UA ( $\text{kg}\cdot\text{UA}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ ).

Asimismo, el método Botanal® consistió en la recolección de muestras reales de material vegetal, cortadas a una altura de 10 cm del suelo con tijeras de podar, complementadas con evaluaciones visuales, donde se trazó un recorrido aleatorio dentro de cada potrero, simulando el patrón de pastoreo que podrían seguir la UA (Salazar, 2023; Villalobos & Wing, 2023). Durante este recorrido se seleccionaron puntos de muestreo al azar y se clasificaron visualmente según cuatro estándares predefinidos, tal que: 0 = nula, 1 = baja, 2 = media y 3 = alta cobertura vegetal. Esta clasificación visual fue contrastada con las muestras físicas recolectadas, con el fin de reducir la subjetividad del análisis y mejorar la representatividad de los datos.

#### **4.2.3.2 Consumo aparente de materia seca por animal**

Para determinar el consumo aparente de materia seca por animal, se multiplicó el consumo diario de biomasa forrajera verde por UA por el porcentaje promedio de materia seca. Las muestras se recolectaron manualmente a una altura de 10 cm del suelo utilizando un marco de cloruro de polivinilo (PVC) de  $50\text{ cm} \times 50\text{ cm}$  y se empacaron individualmente en bolsas plásticas. Posteriormente, se trasladaron de inmediato al Laboratorio de Productos Animales y Vegetales (LAPAV) de la Universidad Nacional de Costa Rica, donde se determinó el porcentaje promedio de materia seca (20,19%) (Anexo 2), secando las muestras en un horno a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 48 horas hasta alcanzar peso constante (Giraldo y Castaño, 2020).

#### **4.2.3.3 Eficiencia aparente del uso del forraje**

La eficiencia aparente del uso forrajero se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$100 - \left( \left( \frac{\text{kg de biomasa forrajera consumida}}{\text{kg de biomasa forrajera ofertada}} \right) * 100 \right)$$

Tanto la biomasa ofertada como la consumida se expresaron en kg por área total del potrero ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), considerando la totalidad de UA que pastoreó cada sistema de pastoreo (32 UA).

Posteriormente, también se realizó el cálculo por 1 UA, dividiendo ambos valores entre el número de UA por potrero (32 UA), con el fin de estimar el consumo y la eficiencia aparente por 1 UA cuando fue necesario para el análisis económico.

#### 4.2.4 Diseño experimental y análisis estadístico

Este estudio utilizó un diseño en bloques. El tratamiento corresponde al tipo de pastoreo y cuenta con dos niveles. La unidad experimental consistió en el grupo de UA, en cada uno de los 16 bloques se evaluaron ambos sistemas de pastoreo. Además, se realizó un análisis de varianza para determinar si el tratamiento tuvo efecto sobre las variables de respuesta. El modelo utilizado se representó de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \epsilon_{ijk}$$

**Donde:**

$Y_{ijk}$ : Observación para la  $k$ -ésima repetición en el  $i$ -ésimo nivel del sistema de pastoreo y el  $j$ -ésimo nivel del bloque.

$\mu$ : Media general.

$\alpha_i$ : Efecto fijo del  $i$ -ésimo nivel del sistema de pastoreo.

$\beta_j$ : Efecto fijo del  $j$ -ésimo bloque.

$\epsilon_{ijk}$ : Término de error aleatorio.

El análisis de datos y su representación gráfica se llevó a cabo, mediante la utilización del software estadístico de GraphPad Prism 10.5.0, donde se utilizaron los datos que fueron tabulados mediante hojas de cálculo en Excel.

#### 4.3 Análisis del costo asociado al manejo de la biomasa de forraje consumida

Se realizó un análisis del costo asociado al manejo de la biomasa consumida en ambos sistemas de pastoreo. Este análisis incluyó la mano de obra, los insumos requeridos para la implementación de estos sistemas de pastoreo evaluados y el costo asociado al manejo por kilogramo (kg) de materia verde (MV) y materia seca (MS), representados de la siguiente manera:

### **4.3.1 Mano de obra**

Para ambos sistemas de pastoreo se registraron las actividades realizadas por el personal, con el objetivo de cuantificar el tiempo de trabajo requerido por el sistema. En el sistema de pastoreo en franjas, se estableció un protocolo de apertura de tres franjas por potrero cada 2,5 horas, durante la jornada de pastoreo diurno, lo que implicó un seguimiento continuo de las labores. En el caso del sistema de pastoreo convencional, las labores se limitaron a trasladar el hato al potrero asignado y cerrar el área de pastoreo. Todas las actividades relacionadas con el manejo diario de los potreros fueron registradas en horas y minutos, permitiendo posteriormente realizar un análisis comparativo de la carga laboral entre ambos sistemas.

### **4.3.2 Insumos**

Se identificaron y clasificaron los insumos requeridos para la implementación de ambos sistemas de pastoreo. Aunque algunos de estos ya estaban disponibles en la FESL y no implicaron una inversión directa durante el desarrollo del estudio, fueron igualmente incluidos en el análisis económico, esto con el fin de reflejar de manera realista la viabilidad técnica y económica del sistema bajo las condiciones prácticas de su implementación.

- Bebederos: Para ambos sistemas de pastoreo se utilizaron bebederos elaborados a partir de estañones plásticos de polietileno de alta densidad (HDPE) reutilizados, cortados transversalmente, que ya se encontraban disponibles en la finca con una capacidad de 100 L cada uno. Por lo tanto, se toma como referencia de inversión y la depreciación para estos 16 días, un total de 2 unidades (200 L) para el uso práctico del estudio.
- Cerca eléctrica móvil: En cuanto al sistema de pastoreo en franjas, se incluyó el costo que genera las cercas eléctricas móviles necesarias para la implementación de la división de las franjas y posteriormente, se implementó la depreciación de estos productos utilizados (cinta electrolástica (200 m) y postes plásticos de polipropileno (PP) de 105 cm de longitud, con 6 ojales para sujeción de la cerca eléctrica y pincho metálico de 8 mm de diámetro), para determinar el impacto en el costo del manejo asociado a los 16 días de evaluación del estudio.

- Otros insumos: Se identificaron y cuantificaron otros insumos que fueron adquiridos al principio del estudio (bolsas plásticas, tijeras para podar y balanza digital (5 kg)), los cuales fueron utilizados a lo largo del proceso realizado.

#### **4.3.3 Costos asociados al manejo por kg de MV y MS**

Se determinó el costo asociado al manejo por kg de MV y MS para cada sistema de pastoreo, donde se representó de la siguiente manera: se determinó el costo asociado por manejo del sistema de pastoreo convencional y del sistema de pastoreo en franjas en los 16 días de observación. Una vez que se obtuvo el costo total asociado para cada manejo del sistema de pastoreo, se dividió entre los días de observación (16 días) y dicho resultado se dividió entre el total de UA (32 UA). Obteniendo así, el costo por manejo de MV y MS en el sistema, se dividió entre el consumo aparente promedio por UA de MV y MS (en los 16 días de observación). Para concluir así, al costo asociado al manejo por kg de MV y MS de cada sistema de pastoreo.

#### **4.4 Desarrollo de estrategias de utilización de forrajes**

La generación de estrategias de maximización del uso del recurso forrajero Estrella africana se basó en los resultados obtenidos de la práctica de los sistemas de pastoreo evaluados y otros sistemas que aportan al aumento de la eficiencia del uso del recurso forrajero. Para las estrategias se incluyeron variables tales como; carga animal, tiempo de ocupación, área de los potreros, tiempos de descanso del forraje, manejo de franjas, manejo del uso de los bebederos, utilización de sombras, sistemas silvopastoriles, ganadería regenerativa, entre otros. Además, una vez que se recopilaron los datos y fueron analizadas las variables en observación, se generaron las propuestas y estrategias de manejo que incluyen una proyección a la optimización de los recursos disponibles y un mayor aprovechamiento del manejo del sistema productivo.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

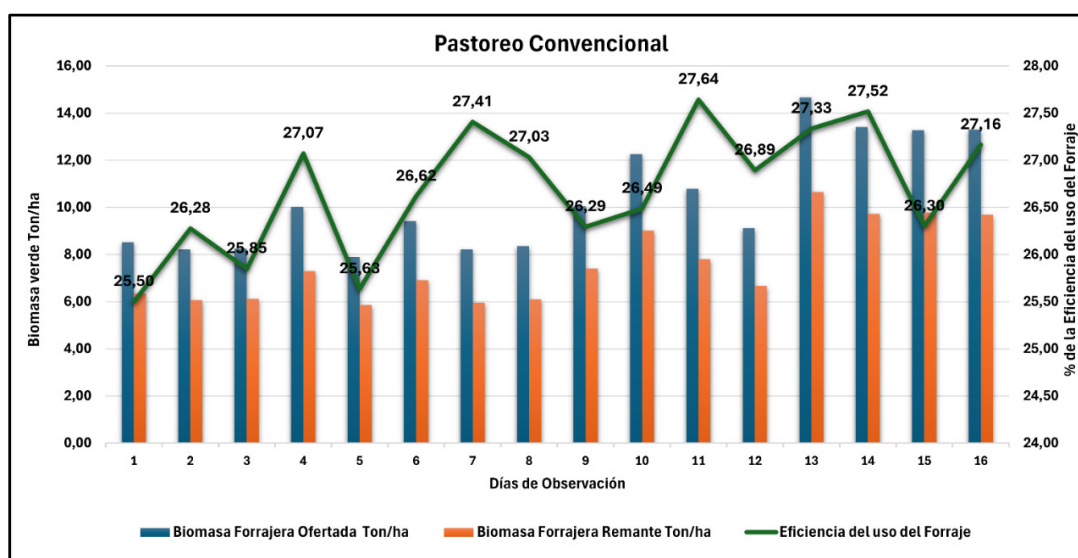
### 5.1 Evaluación de sistemas de pastoreo

En dicho segmento se presentan los resultados obtenidos a través de la metodología implementada, donde se compararon los 16 días para cada tratamiento implementado y se obtuvieron los siguientes datos.

#### 5.1.2 Sistema de pastoreo convencional

Se realizó un total de 16 días de observación en el sistema de pastoreo convencional en la FESL, donde se obtuvo un promedio de 10,36 Ton/ha de biomasa forrajera ofertada en base a materia verde (MV), con un promedio de 7,59 Ton/ha de biomasa forrajera remanente de MV al finalizar el pastoreo. Esto representó una eficiencia aparente del uso forrajero del 26,69%, con valores relativamente constantes entre un 25 y 27% durante el periodo de evaluación (Figura 1).

**Figura 1.** Eficiencia aparente del uso forrajero en base a MV, del sistema de pastoreo convencional



*Nota.* Datos recolectados en la FESL, en época de invierno (agosto a octubre del 2024).

En la FESL se implementa un sistema de pastoreo rotativo convencional con 36 potreros, lo que en teoría permite una adecuada recuperación del forraje y una mejor distribución de la carga animal. Según Muñoz (2023), cuando el pastoreo rotativo se maneja correctamente, puede generar mayores producciones de forraje, mejores rendimientos y aumentar la rentabilidad general. Sin

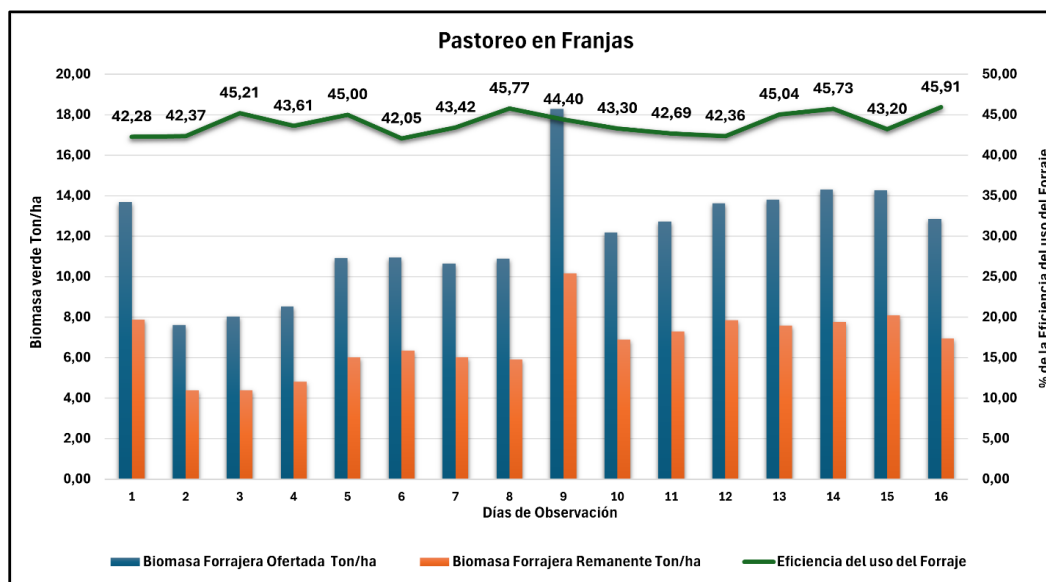
embargo, durante los 16 días de evaluación (pastoreo convencional) en el estudio se evidenció que los potreros son muy extensos (3 500 m<sup>2</sup> aproximadamente) en relación con el número de UA, lo que redujo el manejo del área asignada por día y, en consecuencia, el aprovechamiento del forraje.

Asimismo, en el momento de ingreso de las UA en este tipo de pastoreo, se observó que el hato solía desplazarse por la totalidad del área del potrero, lo que implicó que mucho del forraje disponible fuese pisoteado o volcado, situación que pudo crear un error de sobreestimación del consumo aparente del hato.

### 5.1.3 Sistema de pastoreo en franjas

Durante los 16 días de evaluación del sistema de pastoreo en franjas en la FESL se observó un comportamiento del hato que se contrasta respecto al pastoreo convencional. En este sistema, la biomasa ofertada fue en promedio de 12,08 Ton/ha de MV, mientras que el remanente al final de cada pastoreo realizado se redujo aproximadamente a 6,77 Ton/ha de MV (Figura 2). Esto permitió alcanzar una eficiencia aparente de uso del 43,90%, superior al 26,69% obtenido bajo el sistema de pastoreo convencional.

**Figura 2.** Eficiencia aparente del uso forrajero en base a MV, del sistema de pastoreo en franjas



*Nota.* Datos recolectados en la FESL, en época de invierno (agosto a octubre del 2024).

En cuanto al sistema de pastoreo en franjas, la restricción del área de pastoreo concentraba la carga animal, lo que obligaba al hato a consumir forraje que en condiciones de pastoreo libre

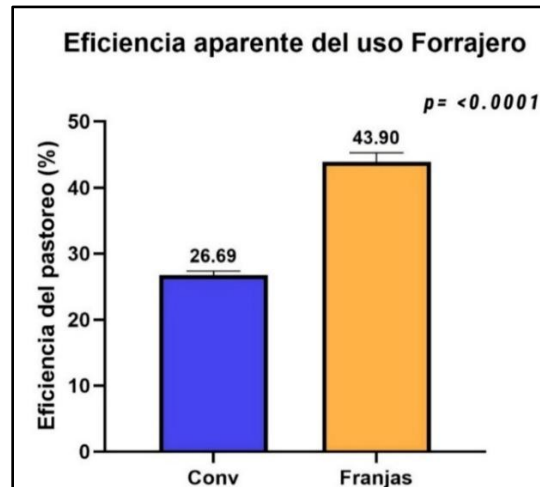
podrían rechazar por selectividad, lo que redujo así el desperdicio. El tiempo disponible en las franjas generaba un comportamiento de pastoreo más intensivo, donde los animales aprovechaban mejor la biomasa disponible antes de tener la siguiente franja disponible. Comportamiento que se fundamenta en que, según Ríos (2023) un animal a la hora de realizar su pastoreo suele ser selectivo, tomando en cuenta las variaciones en las estructuras del pasto, las especies de las plantas o forrajes del potrero, la madurez de estas entre otras; siendo factores que intervienen en la conducta ingestiva del hato.

Por otra parte, según León (2018), un manejo adecuado del pastoreo es un factor clave puesto que se determina el tiempo de ocupación de los potreros, el tiempo de descanso, la suplementación del sistema y factores relacionados con el pastoreo (tiempos, presión de pastoreo, especie animal, carga animal entre otros), lo que beneficia la utilización eficiente del forraje producido. Dicho lo anterior, se relaciona a los resultados donde se aprovechó en comparación al sistema convencional un 17,21% más (Figura 3), ya que el hato al contar con espacios más reducidos y que en cada periodo de 2,5 horas se ofreciera una franja más del potrero asignado para ese día, el aprovechamiento del espacio y la biomasa forrajera disponible era mayor.

#### **5.1.4 Comparación de los sistemas de pastoreo empleados**

Entre los dos sistemas de pastoreo se evidenció que, la eficiencia aparente del uso forrajero fue significativamente mayor en el sistema de franjas que en el sistema convencional ( $p < 0,0001$ ) (Figura 3). Además, el sistema de franjas alcanzó una eficiencia del 43,90%, mientras que el sistema convencional registró 26,69%, generando una diferencia del 17,21%, entre ambos sistemas. Es decir, los datos evidencian que el manejo en franjas permite un aprovechamiento más eficiente del pasto Estrella africana, optimizando la utilización del recurso forrajero en comparación con el sistema convencional.

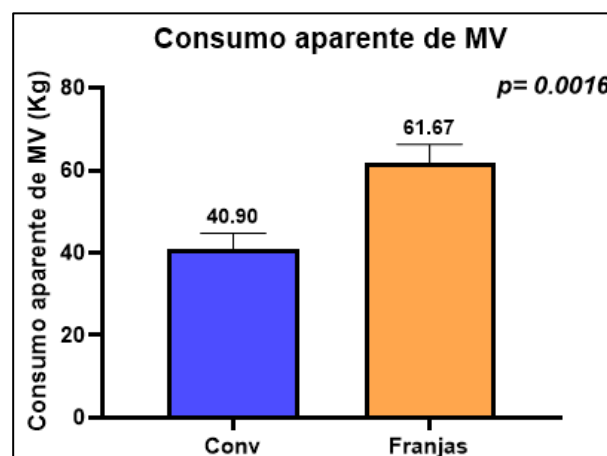
**Figura 3.** Medias  $\pm$  error estándar de la eficiencia aparente del uso forrajero de los sistemas de pastoreo



*Nota.* Diferencias evaluadas mediante prueba *t* de Student no pareada ( $p < 0,0001$ ).

El consumo diario aparente de MV por UA registró que, el sistema convencional presentó un promedio de  $40,90 \text{ kg} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ , mientras que el sistema en franjas un  $61,67 \text{ kg} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$ . Además, mediante el análisis estadístico se evidenció que existe una diferencia que fue significativa ( $p = 0,0016$ ), presentando un incremento absoluto de  $20,77 \pm 6,00 \text{ kg} \cdot \text{UA}^{-1} \cdot \text{día}^{-1}$  y un intervalo de confianza del 95% ( $8,50 - 33,03 \text{ kg}$ ) (Figura 4).

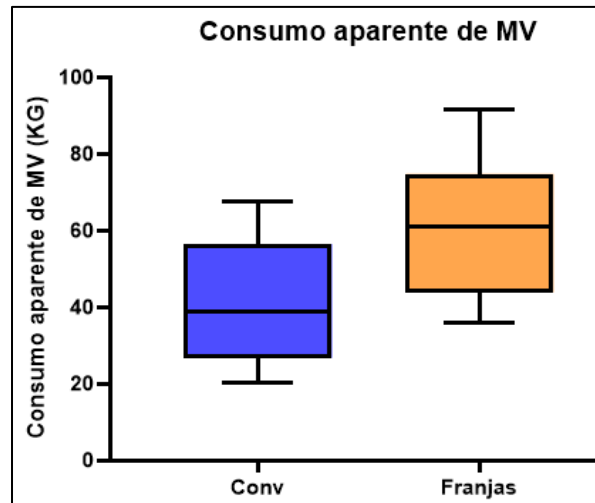
**Figura 4.** Medias  $\pm$  error estándar del consumo aparente diario de MV por UA en los sistemas de pastoreo



*Nota.* Diferencias evaluadas mediante prueba *t* de Student no pareada ( $p = 0.0016$ ).

Asimismo, se evidenció una mayor dispersión en los valores del sistema en franjas (Figura 5), lo que representa variabilidad entre los días de evaluación, aunque siempre con consumos superiores al sistema convencional. Siendo el pastoreo en franjas el que favoreció un mayor consumo efectivo de biomasa fresca por UA y un aprovechamiento más eficiente del área pastoreada en comparación con el sistema convencional.

**Figura 5.** Gráfico de caja con la distribución y media de valores del consumo diario aparente de MV por UA de los sistemas de pastoreo



*Nota.* Las barras representan la media, las cajas el rango intercuartílico (Q1-Q3) y los bigotes los valores mínimos y máximos.

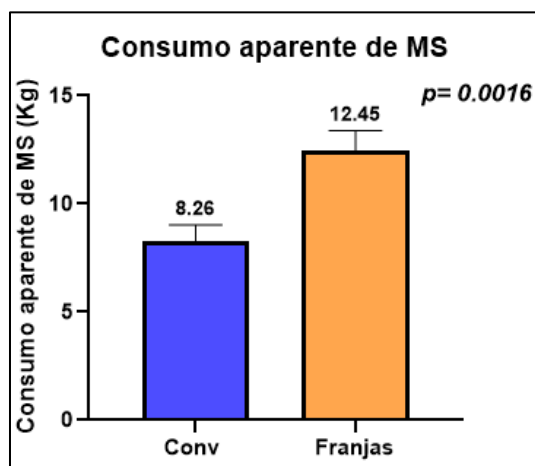
Al obtener valores promedio de consumo aparente de MV relativamente elevados (Figura 4), lo que se sugiere es una posible sobreestimación del consumo aparente del hato. Dicho fenómeno puede atribuirse a limitaciones metodológicas en la estimación indirecta de la disponibilidad forrajera, especialmente cuando se utilizan diferencias de biomasa pre y post pastoreo, tal como lo señalan Avellaneda et al. (2022), quienes advierten que pueden existir sesgos metodológicos que pueden sobre o subestimar el consumo.

De forma complementaria, Peri et al. (2023), destacan que errores de muestreo pueden derivar en sobreestimaciones forrajeras, lo cual conduce a asignar un forraje que en realidad no está disponible o no fue aprovechado y genera interpretaciones que no representan con precisión el aprovechamiento real del recurso. En este contexto, los consumos aparentes de MV elevados observados deben interpretarse con cautela, dado que se pudo ver sesgado por la heterogeneidad y tamaño de los potreros o bien, más por una limitación de la metodología de estimación (Botanal®)

que no representó una respuesta productiva real de los consumos aparentes de los animales post pastoreo.

Asimismo, el análisis del consumo diario aparente de MS permitió identificar diferencias significativas entre los dos sistemas evaluados ( $p = 0,0016$ ), siendo mayor en el sistema de pastoreo en franjas. Además, los animales que pastorearon bajo el sistema convencional registraron un consumo promedio de  $8,26 \text{ kg}\cdot\text{UA}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , en contraste con los  $12,45 \text{ kg}\cdot\text{UA}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ , observados en el sistema de franjas. La diferencia de  $4,19 \pm 1,21 \text{ kg}\cdot\text{UA}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$  (intervalo de confianza del 95%:  $1,71 - 6,67 \text{ kg}$ ) evidencia cómo la estrategia de manejo influye directamente en el comportamiento alimenticio del hato (Figura 6).

**Figura 6.** Medias  $\pm$  error estándar del consumo diario aparente de MS por UA en los sistemas de pastoreo



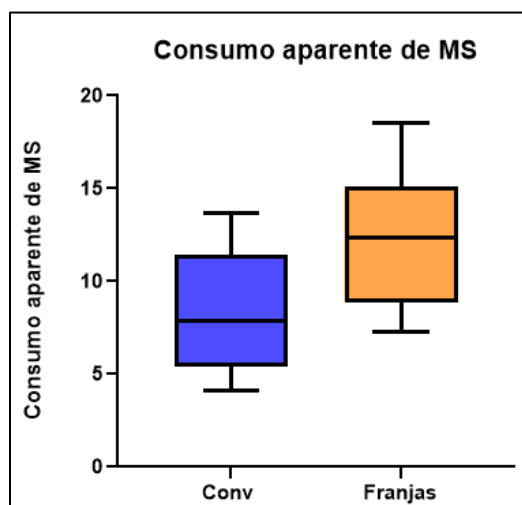
*Nota.* Diferencias evaluadas mediante prueba t de Student no pareada ( $p = 0,0016$ ).

En relación con lo anterior, al analizar el consumo aparente MS, los promedios obtenidos de  $8,26$  y  $12,45 \text{ kg}\cdot\text{UA}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$  para los sistemas de pastoreo convencional y en franjas, respectivamente, se encuentran dentro de los rangos reportados en la literatura por UA en producción de la raza Jersey en condiciones de pastoreo. Ya que, según Jersey Canadá (2016) presentan un consumo de MS proporcionalmente mayor en relación con su peso vivo, alcanzando hasta un 4,5% del peso corporal, lo que representa que una vaca Jersey con un peso promedio de 450 kg puede llegar a ingerir aproximadamente 20,25 kg de MS por día aproximadamente en sus dietas. Valores que reflejan no solo la capacidad de ingesta relativa de la raza, sino también su

potencial de eficiencia alimenticia, ya que logran altos consumos de nutrientes en proporción a su tamaño corporal.

Por otra parte, al analizar la distribución de los datos (Figura 7), ambos sistemas presentaron variabilidades comparables; sin embargo, el sistema de franjas demostró consistentemente su capacidad para promover un mayor consumo aparente de MS.

**Figura 7.** Gráfico de caja con la distribución y media de valores del consumo diario aparente de MS por UA de los sistemas de pastoreo



*Nota.* Las barras representan la mediana, las cajas el rango intercuartílico (Q1-Q3) y los bigotes los valores mínimos y máximos.

En relación con los resultados obtenidos, se evidenció que los animales bajo el sistema de pastoreo en franjas registraron un mayor consumo aparente de MS en comparación con el sistema convencional, lo que podría estar influenciado con el manejo del forraje, o bien estar condicionado por factores asociados a la disponibilidad y calidad del forraje, así como por el uso de suplementos alimenticios (no usados en este estudio). Lo anterior coincide con lo señalado por Méndez et al. (2020), quienes indican que cuando se dispone de una suficiente oferta forrajera un factor determinante que condiciona el consumo de la MS son los niveles de suplementación que se manejan para el hato en su dieta puesto que, posee un efecto de sustitución que puede afectar el consumo o el aprovechamiento de las horas de pastoreo.

## 5.2 Costos de la biomasa forrajera consumida según el sistema de pastoreo

El desglose del costo inicial para el desarrollo de los sistemas de pastoreo presentado en el estudio se realizó de la siguiente manera (Tabla 1); para el sistema de pastoreo convencional se implementó la compra de las bolsas plásticas, las tijeras de podar, la balanza digital (5 kg) para el muestreo realizado y la compra del bebedero (mitad de estañón (100 L)) resultando así en una inversión de ₡33,820.5. En comparación al sistema de pastoreo en franjas, donde se contemplan los mismos materiales y suministros, sin embargo, a este le debemos agregar la inversión de la cinta electroplástica (200 m) y los seis postes plásticos para llevar a cabo la instalación de las cercas móviles eléctricas en los potreros los días correspondientes, por lo tanto, se requirió de ₡70,830.9 para llevar a cabo dicho sistema de pastoreo.

**Tabla 1.** Costo inicial para la ejecución del manejo asociado a los sistemas de pastoreo

Pastoreo Convencional	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Pastoreo en Franjas	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
<b>1. Materiales y suministros</b>				<b>1. Materiales y suministros</b>			
1.1 Bolsas plásticas	30	₡ 93,66	₡ 2,810	1.1 Bolsas plásticas	30	₡ 93,66	₡ 2,810
1.2 Tijera podar	1	₡ 6,500	₡ 6,500	1.2 Tijera podar	1	₡ 6,500	₡ 6,500
1.3 Balanza digital (5 kg)	1	₡ 12,900	₡ 12,900	1.3 Balanza digital (5 kg)	1	₡ 12,900	₡ 12,900
1.4 Bebedero: mitad de estañón (100 L)	1	₡ 10,000	₡ 10,000	1.4 Cinta electroplástica (200 m)	1	₡ 23,812	₡ 23,812
				1.5 Poste plástico	6	₡ 1,906	₡ 11,436
				1.6 Bebedero: mitad de estañón (100 L)	1	₡ 10,000	₡ 10,000
<b>Subtotal</b>		₡29,493.66	₡32,210.0	<b>Subtotal</b>		₡55,211.66	₡67,458.0
<b>Imprevistos</b>	<b>5%</b>	₡1,474.68	₡1,610.5	<b>Imprevistos</b>	<b>5%</b>	₡2,760.58	₡3,372.9
<b>TOTAL</b>		₡30,968.34	<b>₡33,820.5</b>	<b>TOTAL</b>		₡57,972.24	<b>₡70,830.9</b>

Por otra parte, se realizó el costo asociado al manejo del sistema de pastoreo convencional en 16 días (Tabla 2), este requirió de la remuneración de la mano de obra, que trasciende a ₡19,501.1 para el peón de la finca al contabilizar un total de 12 horas con 45 minutos, utilizados

en la apertura y preparación del potrero para el día correspondiente, además de llevar el hato al potrero asignado y cerrarlo. Asimismo, se representó la inversión del bebedero para estos 16 días de observación agregando su depreciación que fue ₡146.1. Adicionalmente, se incorporó una contingencia del 5% equivalente a ₡982.3, es decir, el costo total asociado a la ejecución del pastoreo convencional en 16 días de observación fue de ₡20,629.5.

**Tabla 2.** Costo asociado al manejo del pastoreo convencional en 16 días

Concepto Partida/Subpartida	Unidad	Cantidad	Vida Útil (Años)	Costo Unitario	Depreciación (16 días)	Costo Total
<b>1. Remuneraciones básicas</b>						
1.1 Salario de peón en finca	Horas y minutos	12 hrs, 45 min	-	₡ 1,529.5	-	₡ 19,501.1
<b>2. Materiales y suministros</b>						
2.1 Bebedero: mitad de estañón (100 L)	Unidad	1	3	-	₡146.1	₡146.1
<b>Subtotal</b>				₡ 1,529.5	₡146.1	₡ 19,647.2
<b>Imprevistos</b>	Porcentaje	5%		₡ 76.5	₡7.3	₡ 982.3
<b>TOTAL</b>				₡ 1,606.0	₡153.4	₡ 20,629.5

Asimismo, el desglose del costo asociado al manejo para el sistema de pastoreo en franjas (Tabla 3), representó partidas claves como la mano de obra, que trasciende de ₡43,743.7 para el peón de la finca al ejecutar 28 horas con 36 minutos de labor ya que, debía preparar los potreros asignados para dicho día con la primera franja y abrir la franja cada dos horas y media (la franja se abrió un total de dos veces, para hacer un uso total de tres franjas por potrero), así como llevar el hato al potrero y cerrarlo. Además, se evaluó lo que representó la inversión de la cinta electroplástica (200 m), los 6 postes plásticos y el bebedero, que fueron utilizados estos 16 días de observación mediante su depreciación, para lo que se requirió de ₡1,044.22, ₡200.47 y ₡146.1 respectivamente. Por otra parte, se incorporó una contingencia del 5% de ₡2,256.7, dando así un costo total de manejo asociado al sistema de pastoreo en franjas de ₡47,391.1.

**Tabla 3.** Costo asociado al manejo del sistema de pastoreo en franjas en 16 días

Concepto Partida/Subpartida	Unidad	Cantidad	Vida Útil (Años)	Costo Unitario	Depreciación (16 días)	Costo Total
<b>1. Remuneraciones básicas</b>						
1.1 Salario de peón en finca	Horas y min	28 hrs, 36min	-	₡ 1,529.5	-	₡ 43,743.7
<b>2. Materiales y suministros</b>						
2.1 Cinta electrolástica (200 m)	Unidad	1	1	-	₡ 1,044.2	₡ 1,044.2
2.2 Poste plástico	Unidad	6	2,5	-	₡ 200.4	₡ 200.4
2.3 Bebedero: mitad de estación (100 L)	Unidad	1	3	-	₡ 146.1	₡ 146.1
<b>Subtotal</b>				₡ 1,529.5	₡ 1,390.7	₡ 45,134.4
<b>Imprevistos</b>	Porcentaje	<b>5%</b>		₡ 76.5	₡ 69.5	₡ 2,256.7
<b>TOTAL</b>				₡ 1,606.0	₡ 1,460.2	₡ 47,391.1

De tal modo que, una vez realizados los costos asociados al manejo para cada uno de los sistemas de pastoreo aplicados en 16 días de observación, se realizó la estimación del costo asociado al manejo por kg de MV y MS de los sistemas de pastoreo según los 16 días de observación (Tabla 4), donde para el pastoreo convencional, el costo de manejo asociado por kg de MV consumida por animal fue de ₡1.0 y para la MS fue de ₡4.8. Mientras que, para el pastoreo en franjas, el costo asociado al manejo por kg de MV consumida por animal fue de ₡1.5 y para la MS fue de ₡7.4. En cuanto a los consumos aparentes de MV y MS para el sistema de pastoreo convencional por animal fue de 40.90 kg y 8.26 kg respectivamente, para el sistema de pastoreo en franjas se denota un mayor aprovechamiento del consumo aparente de MV y MS, siendo de 61,67 kg y 12,45 kg respectivamente.

**Tabla 4.** Costo asociado al manejo por kg de MV y MS, y consumos aparentes de los sistemas de pastoreo en 16 días

<b>Pastoreo Convencional</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>	<b>Pastoreo en Franjas</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Costo Total</b>
Costo de manejo por kg de MV consumida	Unidad	1	€1.0	Costo de manejo por kg de MV consumida	Unidad	1	€1.5
Costo de manejo por kg de MS consumida	Unidad	1	€4.8	Costo de manejo por kg de MS consumida	Unidad	1	€7.4
Consumo promedio aparente por vaca de MV			<b>40.90 kg</b>	Consumo promedio aparente por vaca de MV			<b>61.67 kg</b>
Consumo promedio aparente por vaca de MS			<b>8.26 kg</b>	Consumo promedio aparente por vaca de MS			<b>12.45 kg</b>

Dicho lo anterior, se observa que el costo asociado por kg de MV y MS del manejo de pastoreo convencional en estos 16 días de observación requiere de una menor inversión, en comparación al sistema de pastoreo en franjas. Sin embargo, es fundamental considerar los factores específicos que contribuyen a esta diferencia, puesto que se podría relacionar a la menor necesidad de mano de obra a diferencia del sistema de pastoreo en franjas que necesita un mayor uso de mano de obra e infraestructura para el movimiento de las cercas eléctricas móviles, sin embargo, se evidenció como el sistema de pastoreo en franjas se traduce a una mayor optimización del uso del pastoreo, demostrando un mayor consumo aparente de MV y MS por UA.

Asimismo, el manejo correcto de las dietas es fundamental puesto que, según Troya (2024), un manejo correcto de las pasturas en la industria si se proporciona de una forma equilibrada para el ganado, se reduce la necesidad de suplementos alimenticios costosos, lo que brindaría una reducción de costos y esfuerzos de mantenimiento o suplementación. Por ende, si se brindan estrategias de pastoreo mediante buenas prácticas, se verá reflejado en un mejor balance económico del sistema productivo (relación beneficio-costos).

### **5.3 Propuesta de estrategias para la optimización del uso del recurso forrajero**

Con relación a los resultados, es importante mencionar que existen diversas estrategias de pastoreo, tales como: pastoreo convencional, pastoreo extensivo, pastoreo silvopastoril, pastoreo en franjas, pastoreo rotacional, pastoreo diferido, pastoreo cero (confinamiento o estabulación), pastoreo racional Voisin (PRV) entre otros. De acuerdo con Huerta et al. (2022), conocer el ciclo del forraje utilizado, así como el peso, condición corporal y conducta de pastoreo del hato, es esencial para proponer estrategias que mejoren los rendimientos en los diferentes tipos de sistemas productivos, generando un mayor aprovechamiento de los recursos disponibles. Por consiguiente, las siguientes estrategias para la optimización del uso forrajero del pasto Estrella africana, estará basada según los resultados y el estudio realizado en la FESL, que se detallan a continuación:

#### **5.3.1 Reducción del área de los potreros y manejo de carga animal**

Uno de los principales hallazgos del estudio fue que, tanto en el sistema convencional como en el de franjas, existieron áreas significativas de forraje sin pastorear. Inclusive, en el sistema más eficiente (pastoreo en franjas), se alcanzó un promedio de eficiencia aparente del 43,90%, lo que indica que más de la mitad del forraje disponible no fue consumido o aprovechado como se debería, dicho fenómeno puede estar asociado a la extensión heterogénea de los potreros, factor que limita el manejo sobre la oferta diaria y la conducta ingestiva del hato. Por consiguiente, de las principales delimitaciones presentadas a la hora del estudio fue el manejo de áreas de los potreros presentes en la FESL puesto que, no todos los potreros presentaban las mismas dimensiones y esto generaba una diferente planificación a la hora de realizar un sistema de pastoreo convencional o un sistema de pastoreo en franjas.

Dicho lo anterior, para determinar una estimación de área correcta de un potrero, se debe tomar en cuenta la carga animal ya que, según Zambrano (2023) la carga animal es el número de animales que pastorean en un área determinada o por un tiempo en específico; además, se debe contemplar que, durante la etapa de preñez o mantenimiento, el animal debe cubrir sus necesidades nutricionales y respetar la función del sistema para brindar mayores rendimientos. Por otra parte, Ríos (2023) destaca que, cuando se genera un sobrepastoreo se crean cambios estructurales y funcionales degenerativos, además de la degradación del forraje disponible, por el contrario, una

carga animal baja genera subpastoreo, así como un uso disperejo del área disponible y una pérdida de calidad del recurso disponible.

### **5.3.2 Estimación del área de potreros en función a la producción de forraje**

La planificación del área destinada a pastoreo deberá considerar no solo la extensión física de los potreros, sino también la cantidad de biomasa disponible por unidad de superficie. Ya que, la medición de esta variable permitirá relacionar el forraje ofrecido diariamente por animal con la carga animal que el sistema puede sostener de manera eficiente (Villalobos et al., 2013). En este sentido, la estimación del área adecuada de un potrero debe incorporar la producción real de pasto, de manera que se garantice un suministro balanceado y constante, evitando tanto el sobrepastoreo como las pérdidas por forraje no consumido. Dicho enfoque permite ajustar la oferta forrajera a las necesidades del hato, mejorando la eficiencia de utilización del recurso y contribuyendo a la sostenibilidad del sistema productivo.

Asimismo, ajustar el tamaño de las franjas de acuerdo con la disponibilidad y asignación del pasto Estrella africana resulta importante para optimizar la producción de forraje y, en consecuencia, el rendimiento del sistema lechero. Estudios como el realizado por Aguerre y Chilibrste (2018), revelaron una correlación positiva entre la disponibilidad de pastura y la oferta por animal ( $r=0.58$  en sistemas eficientes y  $r=0.51$  en menos eficientes), lo que confirma que los productores intuyen la relación entre biomasa disponible y asignación. Por lo tanto, surge la necesidad de ajustar el tamaño de las franjas a partir de la disponibilidad aparente del recurso disponible ya que, si se conoce la capacidad de carga de los potreros, permitirá definir franjas de pastoreo que aseguren una oferta equilibrada, evitando sobrepastoreo o subpastoreo.

### **5.3.3 Implementación sistemática del pastoreo en franjas**

Los resultados demuestran que el sistema de pastoreo en franjas fue significativamente más eficiente que el convencional, donde dicha mejora se atribuye a una mayor capacidad de manejo del área de pastoreo disponible, así como del tiempo de ocupación por área que son factores determinantes para maximizar la utilización de la biomasa disponible y preservar la persistencia del pasto.

Según Bastos (2021), al implementar pequeñas áreas de forraje con periodos cortos de pastoreo, se asocian periodos de recuperación más extensos, lo que se traduce a una mayor rentabilidad al contar con mayor capacidad de carga para el potrero, mayores rendimientos del hato, diversidad mejorada de las especies forrajeras presentes y mayor calidad del suelo puesto que las cantidad de materia orgánica que se incorpora mediante las heces y orina favorecen la acción microbiana, favoreciendo una mayor retención de agua.

Asimismo, se recomienda la implementación del pastoreo en franjas, a pesar de que requiere de una mayor inversión inicial, como se analizó previamente. La apertura de franjas cada 2,5 horas tal como se aplicó en el estudio, favoreció a un mayor aprovechamiento del forraje. Evidenciando que la conducta natural del hato ya estaba preestablecida a la hora de realizar los pastoreos en el sistema de pastoreo convencional puesto que eran más selectivos a la hora de realizar su ingesta, sin embargo, al reducir esta libertad mediante las franjas, se reduce este nivel de desperdicio o selección que era generado por los animales.

#### **5.3.4 Manejo estratégico de los bebederos de agua en sistemas de pastoreo**

El acceso al agua es un componente fundamental en los sistemas pastoriles, no solo porque influye directamente en la salud y productividad del hato, sino que también se ve influenciada la conducta ingestiva, la eficiencia en la utilización del forraje y la distribución espacial del pastoreo dentro de un potrero (Casa, 2024). Asimismo, se resalta que la disponibilidad constante de agua es esencial puesto que los bovinos requieren de una hidratación adecuada para mantener una producción eficiente y de calidad en la leche (Contero y Cachipundo, 2021). Además, durante la realización del estudio en la FESL, se observó que el hato tendía a centrar su actividad de pastoreo en las zonas aledañas a la fuente de agua, especialmente durante las horas más calurosas del día, mostrando así una clara preferencia por permanecer cerca de los bebederos cuando la temperatura ambiente aumentaba.

Con base a lo anterior, un factor determinante será la planificación de los puntos donde se ubicará la fuente de agua para los animales para que no presenten escases de dicho recurso, puesto que, si no se realiza dicha estrategia el constante movimiento de un bebedero desarrollará mayores problemas al requerir mayor mano de obra para dicha labor (Bastos, 2021). En consecuencia, la falta de fuentes de agua para el hato influye en los rendimientos del sistema, puesto que

regularmente el hato debe regresar a zonas ya pastoreadas para obtener agua, dichos factores influyen en los rebrotes del pasto, crea compactación, altera los días de reposo entre otros (Ocampo, 2020). Por lo tanto, si se brindará un sistema de franjas o nuevas áreas de pastoreo, la planificación estratégica es fundamental para cumplir con los requerimientos óptimos para el animal y crear un mejor rendimiento del sistema productivo.

### **5.3.5 Ajuste de la intensidad de pastoreo para maximizar consumo y eficiencia**

La intensidad de pastoreo siendo la proporción de biomasa removida respecto a la masa forrajera disponible, es un factor determinante en la eficiencia de utilización del recurso forrajero y del desempeño animal (Euclides et al., 2019). En síntesis, una adecuada regulación de la intensidad del pastoreo permitiría equilibrar el consumo aparente individual del animal, generaría mayor persistencia del pasto y una productividad mayor por unidad de superficie.

De acuerdo con Costa et al. (2021), en pasturas tropicales manejadas bajo un pastoreo continuo, mantener alturas entre 20 y 40 cm favorecen a un mayor consumo de biomasa de calidad y garantiza la persistencia del forraje. Por otra parte, en sistemas de pastoreo intermitente, las intensidades de defoliación entre el 40 y 50 % del dosel prepastoreo se asocian con mayores ganancias de peso por hectárea y un mejor aprovechamiento de las fracciones foliares más nutritivas. Es decir, son rangos que permiten que los animales mantengan dietas basadas principalmente en hojas, evitando así un consumo excesivo de tallos que presentan menor digestibilidad.

Por lo tanto, la aplicación de estas recomendaciones en la FESL podría mejorar el consumo aparente del pasto Estrella africana, esto al reducir pérdidas por subpastoreo (residuos excesivos no consumidos) como el riesgo de sobrepastoreo (daños al rebrote y compactación del suelo). En consecuencia, ajustar la intensidad de pastoreo según dichos criterios científicos constituyen a una estrategia clave para aumentar la eficiencia en la utilización del recurso forrajero y la productividad del animal en sistemas lecheros tropicales.

### **5.3.6 Estimaciones periódicas de aforo como estrategia para optimizar el pastoreo**

Según el estudio realizado por Núñez et al. (2022), la disponibilidad de biomasa y la calidad bromatológica del pasto Estrella africana presentaron variaciones según la época del año y la edad

de rebrote, donde la producción de biomasa fue significativamente mayor en la época lluviosa, mientras que la calidad nutritiva, especialmente el contenido de proteína cruda (PC), mostró un patrón decreciente durante la estación lluviosa. Estas fluctuaciones estacionales, pueden evidenciar la necesidad de realizar mayores aforos en los potreros para determinar ajustes en la carga animal y así, en la estación lluviosa aprovechar la abundancia de forraje evitando pérdidas por subpastoreo y en la estación seca reducir la presión de pastoreo para prevenir el sobrepastoreo y mantener la persistencia del recurso forrajero.

Por lo tanto, la implementación de estimaciones periódicas del aforo en los potreros surge como una estrategia técnica que permitiría cuantificar estas variaciones temporales y espaciales del recurso forrajero. Dicha estrategia debe fundamentarse en métodos de evaluación validados, como la técnica del Botanal®, empleado en el presente estudio, que facilitaría la obtención de datos sobre la disponibilidad aparente del forraje en cada potrero. O bien, como lo realizado en el estudio de Méndez et al. (2020), donde se realizaban evaluaciones periódicas en los establecimientos comerciales para cada recurso forrajero, siendo evaluaciones de cada 15 días durante el otoño, invierno y verano, y cada 7 días durante la primavera utilizando el método de Haydock y Shaw® (1975), que permitió determinar la conducta de los animales durante la observación.

El método de Haydock y Shaw® (1975), es una técnica utilizada para estimar la disponibilidad de MS en pasturas, mediante la selección de cuadrantes al azar, pesar la biomasa y registrar la proporción de especies; datos que se multiplican por factores específicos para calcular % MS y este procedimiento se repite entre 50 y 100 veces para obtener resultados representativos. Sin embargo, son técnicas que nos ayudan a realizar muestreos de un aforo inicial de los potreros disponibles, mas no de un consumo aparente real posterior al pastoreo, como se observó en el presente estudio, al enfrentar valores un poco más elevados en MV. Ya que, son datos que se pueden ver alterados por pérdidas asociadas al pisoteo animal, así como por la deposición de orina y heces, que afectan la cantidad de forraje efectivamente aprovechable por el hato (León, 2021).

Por ende, la información que se puede generar mediante estos aforos periódicos en los sistemas productivos podría constituir la base técnica para la implementación del modelo de pastoreo adoptado por los productores, donde las decisiones de manejo se sustenten en datos cuantitativos de campo más que en estimaciones subjetivas.

## 6. CONCLUSIONES

Se evidenció mediante la evaluación comparativa de los sistemas de pastoreo que el método de asignación del área de pastoreo incide directamente sobre la eficiencia del uso aparente forrajero, lo que representó una mayor eficiencia en el sistema de pastoreo en franjas ya que, no solo basta con garantizar la disponibilidad de forraje, sino que es necesario implementar esquemas de manejo que favorezcan su aprovechamiento óptimo. Evidenciando un desaprovechamiento del área y del forraje disponible de los potreros actuales en la FESL.

Desde el enfoque económico, el sistema de pastoreo en franjas implica una inversión inicial mayor, especialmente en insumos y mano de obra, sin embargo, esta se compensa con una mayor eficiencia aparente en el aprovechamiento del uso forrajero y un mayor consumo aparente de MV y MS, lo que a mediano plazo podría traducirse en una reducción de costos importante por suplementación alimentaria y una mayor rentabilidad del sistema productivo.

Las estrategias de manejo pastoril, como la reducción del tamaño de potreros, la gestión de la carga animal, la implementación de franjas, son unas de las posibles estrategias que demuestran ser acciones claves para optimizar el uso del forraje disponible, mejorar la sostenibilidad del sistema productivo y maximizar el rendimiento del hato lechero en condiciones tropicales.

## 7. RECOMENDACIONES

Optimizar el diseño y la subdivisión de los potreros, considerando la carga animal y las necesidades del sistema productivo, permitirá reducir el subpastoreo o el sobrepastoreo, mejorar la distribución del hato en el área disponible y aumentar el porcentaje de aprovechamiento aparente del uso forrajero.

Mediante la gestión de las actividades y de la disponibilidad del forraje de los potreros, se aprovecha más el recurso de MV y MS presente en los potreros. Por lo que, se podría optimizar los procesos y crear reservas de forraje tales como el ensilaje, pacas, entre otras; para poder hacer frente en las épocas de verano donde dicho recurso se ve más escaso para los sistemas productivos.

Se sugiere la adopción de un sistema de pastoreo en franjas como una estrategia efectiva para la gestión del forraje, particularmente durante los picos de producción. Aunque la inversión inicial en infraestructura y la demanda de mano de obra pueden ser mayores en comparación con el pastoreo convencional, este método incrementa significativamente la eficiencia aparente de utilización del forraje y minimiza las pérdidas por pisoteo y compactación.

Se recomienda la incorporación de sombras y bebederos en los potreros para mejorar el bienestar animal y potenciar el aprovechamiento de los recursos forrajeros. Ya que, se observó que las condiciones microclimáticas de los potreros, como la presencia de sombra y temperaturas moderadas, influyeron en el comportamiento del hato en los días de observación, puesto que los animales concentraron su pastoreo en horas frescas y la rumia generalmente en las horas más calurosas.

Evaluar el método de estimación de biomasa residual debido a que podría generarse consumos de biomasa aparentes superior a la capacidad de consumo fisiológico del animal.

Se recomienda evitar el uso del sistema Botanal® para estimar el consumo aparente postpastoreo en este tipo de sistemas, dado que puede generar sobreestimaciones relacionadas con la heterogeneidad de los potreros, la amplitud de las áreas evaluadas, el efecto del pisoteo animal, excretas o las limitaciones propias de la metodología.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Troya, K. (2021). *Desarrollo agronómico del pasto Brachiaria decumbens para el pastoreo del ganado vacuno en el trópico húmedo ecuatoriano* [Tesis para obtención del título Ingeniería agropecuaria, Universidad Técnica de Babahoyo] Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9308>
- Aguerre, M y Chilibroste, P. (2018). Análisis nutricional y manejo de la alimentación en predios lecheros: ¿Hay oportunidades de mejoras? *En XLVI Jornadas Uruguayas de Buiatría* (pp. 137-147). Centro Médico Veterinario de Paysandú.
- Arias Gamboa, L. M. (2018). *Evaluación del uso de Botón de oro (Tithonia diversifolia) como suplemento de vacas Jersey en etapa productiva* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Costa Rica]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Costa Rica. <https://repositorio.una.ac.cr/handle/11056/14864>
- Avellaneda, Y., Mancipe, E y Vargas, J. (2020). Efecto de la edad de rebrote sobre el desarrollo morfológico y la composición química del pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) en el trópico alto colombiano. *Centro de Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 15(2). <https://doi.org/10.21615/cesmvz.15.2.2>
- Avellaneda, Y., Mancipe, E & Vargas, J. (2022). Ingestive behavior and dry matter intake of dairy cattle grazing Kikuyu grass (*Cenchrus clandestinus*) pastures. *Tropical Grasslands-Forrajes Tropicales*, 10(3), 261–270. [https://doi.org/10.17138/tgft\(10\)261-270](https://doi.org/10.17138/tgft(10)261-270)
- Bastos Alvarado, C. (2021). Análisis de la implementación de pastoreo de ultra alta densidad con bovinos blanco orejinegro en la granja experimental de la UFPSO. *Revista Colombiana de Zootecnia RCZ*, 7(12). <https://anzoo.org/publicaciones/index.php/anzoo/article/view/100>
- Becker, T., Kayser, M., Tonn, B & Isselstein, J. (2018). How German dairy farmers perceive advantages and disadvantages of grazing and how it relates to their milk production systems. *Livestock Science*. 214. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2018.05.018>

- Bernal, Á. A., Camelo, A. A y Gutiérrez, A. F. (2024). Estimación de la biomasa en una pradera de kikuyo mediante el uso de sensores remotos. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 15(1), 175-190. <https://doi.org/10.22490/21456453.6657>
- Bones, E., Paris, W., Costa, O., de Paula, A., Belli, V., da Silva, A & de Menezes, L. (2023). Influence of irrigation and supplementation on performance and ingestive behavior of beef cattle on mixed grass pastures. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 52. <https://doi.org/10.37496/RBZ5220220055>
- Calvo Hernández, O. (2021). Estimación del costo de producción de un kilogramo de leche y sus variables más influyentes. *e-Agronegocios*, 7(2). <https://doi.org/10.18845/ea.v7i2.5682>
- Cardona Iglesias, J., Avellaneda Avellaneda, Y y Castro Rincón, E. (2021). Estimación del consumo de forraje para dos biotipos bovinos lecheros en el trópico altoandino de Nariño, Colombia. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 23(4), 220-228.
- Carrera, R., Fierro, N y Ordoñez, J. (2015). Manual de pastoreo. Universidad Técnica Particular de Loja. doi: 10.13140/RG.2.1.2938.0087
- Casa Toapanta, J. S. (2024). *Análisis del índice de selección del programa de mejoramiento genético sostenible de bovinos de leche en la parroquia Mulaló, en el periodo 2023*. [Proyecto de Investigación, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/11842>
- Castro Morera, M. (2017). *Efecto de la combinación de la fertilización orgánica e inorgánica más bioestimulante en pasturas por Pennisetum clandestinum y Cynodon nlemfuensis en Sucre de San Carlos, Costa Rica* [Tesis de Licenciatura, Tecnológico de Costa Rica]. Repositorio institucional del Tecnológico de Costa Rica. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/13317>
- Cézar da Silva, D., Azevêdo Alves, A., da Silva Bezerra, M., Moreira Filho, A., de Oliveira, M & Almeida Lafayette, E. (2014). Valor nutritivo do capim-andropogon em quatro idades de rebrota em período chuvoso. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, 15(3), 626–636. <https://doi.org/10.1590/S1519-99402014000300004>

- Contero, R y Cachipuendo, C. (2021). Calidad del agua y de la leche en sistemas de ordeño manual de la Sierra Norte del Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 32(4). <http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v32i4.20937>
- Costa, C. M., Difante, G. S., Costa, A. B. G., Gurgel, A. L. C., Ferreira, M. A. Jr & Santos, G. T. (2021). Grazing intensity as a management strategy in tropical grasses for beef cattle production: a meta-analysis. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 15(4), 100192. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100192>
- Coto Fonseca, A y Rojas González, A. (2022). Comparativa multi e hiperespectral del pasto *Cynodon nlemfuensis* bajo condiciones tropicales y de pastoreo con ganado lechero. *Ingeniería*, 32(1). <https://doi.org/10.15517/ri.v32i1.46129>
- Delgado, W., Vivas, W., Solórzano, L y Bonilla, M. (2022). Aislamiento y caracterización morfológica de comunidades de hongos micorrízicos arbusculares en dos sistemas de pastoreo. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 6(46). <https://doi.org/10.29018/issn.2588-1000vol6iss46.2022pp12-22>
- Estrada López, I., Esparza Jiménez, S., Albarrán Portillo, B., Yong Angel, G., Rayas Amor, A y García Martínez, A. (2018). Evaluación productiva y económica de un sistema silvopastoril intensivo en bovinos doble propósito en Michoacán, México. *CIENCIA ergo-sum*, 25(3). <https://doi.org/10.30878/ces.v25n3a7>
- Euclides, V. P. B., Montagner, D. B., Macedo, M. C. M., De Araújo, A. R., Difante, G. S & Barbosa, R. A. (2019). Grazing intensity affects forage accumulation and persistence of Marandu palisadegrass in the Brazilian savannah. *Grass and Forage Science*, 74(3), 450–462. <https://doi.org/10.1111/gfs.12422>
- Ferrufino Suárez, A., Mora Valverde, D & Villalobos Villalobos, L. (2022). Biomass and bromatology of African Stargrass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) with five regrowth stages. *Agronomía Mesoamericana*, 33(2), 477-486. <https://doi.org/10.15517/am.v33i2.47746>

- Galon, L., Santin, C., Andres, A., Basso, F., Nonemacher, F., Agazzi, L., Silva, A., Holz, C & Fernandes, F. (2018). Competitive interaction between sweet sorghum with weeds. *Planta Daninha*, 36, e018173689. <https://doi.org/10.1590/S0100-83582018360100053>
- Giraldo, V y Castaño G. (2020). Validación del método para determinar materia seca a través del horno microondas en el Laboratorio de Nutrición Animal de Unisarc - Kikuyo y Estrella. En A. M. López García y otros (Ed.), *Germinando semillas para la investigación: Una estrategia de futuro en Risaralda* (pp. 335-349). Editorial Universidad Tecnológica de Pereira.
- Haydock, K. P & Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*, 15(76), 663–670. <https://doi.org/10.1071/EA9750663>
- Herrera Pérez, J., Hernández González, D., Sánchez Santillán, P., Torres Salado, N., Ayala Monter, M., Saavedra Jiménez, L & Rosales-Martínez, G. N. (2023). In vitro chemical and fermentative characteristics of tropical pastures at different ages of regrowth. *Agrociencia*. <https://doi.org/10.47163/agrociencia.v57i6.2738>
- Huerta-Juárez, J. A., García y González, E. C., Ruiz-Ortega, M y Ponce-Covarrubias, J. L. (2022). Conducta de pastoreo de vacas doble propósito en el trópico de Guerrero. *Agro-Divulgación*, 2(6). <https://doi.org/10.54767/ad.v2i6.102>
- Instituto Meteorológico Nacional. (2017). *Datos climáticos estación meteorológica Santa Lucía, Heredia*. Instituto Meteorológico Nacional.
- Jayme, D., Gonçalves, L. C., Ramirez, M & Menezes, R. (2022). Livro - Gramíneas Forrageiras Tropicais. [famev.ufu.br/system/files/conteudo/livro-gramineas-forrageiras-tropicais.pdf](http://famev.ufu.br/system/files/conteudo/livro-gramineas-forrageiras-tropicais.pdf)
- Jersey Canadá. (2016). The Jersey Advantage: Efficiency, profitability, opportunity. *JerseyCanada*. <https://jerseycanada.com/wp-content/uploads/2018/04/2016-jersey-advantage-eng-for-web.pdf>
- Jurado Guerra, P., Velázquez Martínez, M., Sánchez Gutiérrez, R., Álvarez Holguín, A., Domínguez Martínez, P., Gutiérrez Luna, R., Garza Cedillo, R., Luna Luna, M & Chávez

- Ruiz, M. (2021). Los pastizales y matorrales de zonas áridas y semiáridas de México: Estatus actual, retos y perspectivas. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 12(3), 261-285. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v12s3.5875>
- León Alberto, M. (2021). *Pisoteo animal y su efecto sobre la producción de forraje e infiltrabilidad en un pastizal mediano abierto* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. Repositorio institucional de Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/handle/123456789/47858>
- León, R., Bonifaz, N y Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador: siembra y producción de pasturas*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19019>
- Maldonado Peralta, M. de los Á., Rojas García, A., Ruíz Clavel, J. L., Aniano Aguirre, H., Magadan Olmedo, F., Jorge Castañeda, L & Mondragón Calderón, U. (2020). Stem population and tissue replacement of *Urochloa* in different phenological stages. *American Journal of Plant Sciences*, 11(8), 1296-1306. <https://doi.org/10.4236/ajps.2020.118092>
- Méndez, M. N., Chilbroste, P & Aguerre M. (2020). Pasture dry matter intake per cow in intensive dairy production systems: effects of grazing and feeding management. *Animal*, 14(4), 846-853. <https://doi.org/10.1017/S1751731119002349>
- Muñoz Solorzano, J. (2023). *Comportamiento productivo de la ganadería bovina de carne con tres métodos de pastoreos* [Tesis de pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí]. Repositorio institucional de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/4630>
- Neri Velasco, G. (2023). *Evaluación del comportamiento de pastoreo de ovinos sobre una asociación de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*) y Taiwán (*Pennisetum purpureum*)* [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de Morelos]. Repositorio institucional de la Universidad Autónoma del Estado de Morelos. <http://riaa.uaem.mx/xmlui/handle/20.500.12055/3512>

- NRC - National Research Council. (2001). *Nutrient Requirements of Dairy Cattle: Seventh Revised Edition, 2001*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/9825>.
- Núñez Arroyo, J. M., Jiménez Castro, J. P., Tobía Rivero, C. M., Arias Gamboa, L. M., Jiménez Alfaro, E y Padilla Fallas, J. E. (2022). Efecto de la edad de rebrote y época del año sobre la biomasa y calidad bromatológica en gramíneas utilizadas en tres zonas agroclimáticas de Costa Rica (I PARTE). *Nutrición Animal Tropical*, 16(1), 31-52. <https://doi.org/10.15517/nat.v16i1.50370>
- Ocampo Jiménez, S. (2020). Manejos del suelo, pasturas y bovinos en los Andes colombianos. *LEISA revista de agroecología*, 36(4), 19-22.
- Paris, W., Tonion, R., Martinello, C., Sartor, L., Matielo de Paula, F & de Oliveira, J. (2016). Productivity and nutritional value of African Star managed with different leaf blade mass. *Acta Scientia, Animal Science*, 38(1). <https://doi.org/10.4025/actascianimsci.v38i1.28549>
- Peri, P., Suárez, D., Cipriotti, P., Rivera, E., Ormaechea, S y Sturzenbaum, M. (2023). *Comparación de tipo de muestreo para la evaluación de pastizales en mata negra. Aportes para el método Santa Cruz* (Informe Técnico). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Argentina.
- Pezo, D. (2019). Intensificación sostenible de los sistemas ganaderos frente al cambio climático en América Latina y el Caribe: Estado del arte. <http://dx.doi.org/10.18235/0001722>
- Picado Pérez, T., Lemus, R., Rivera, D & Villalobos-Villalobos, L. A. (2024). Nutritive and fermentative traits of African stargrass (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst) forage preserved for silage and haylage. *Fermentation*, 10(6), 268. <https://doi.org/10.3390/fermentation10060268>
- Ríos, Gustavo. (2023). *Manejo del pastoreo bovino en el pastizal de la Pampa Deprimida* [Tesis de Grado, Universidad Nacional de la Plata]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de la Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/158401>

- Rizo Chavarría, C., Cascante Carvajal, C., Imbach Hermida, A y Tobar-López, D. (2022). Percepción de Productores ganaderos sobre la provisión de servicios ecosistémicos en la actividad ganadera, Esparza, Costa Rica. *Forestal Mesoamericana Kurú*, 19(45), 38-46. 10.18845/rfmk.v19i45.6324
- Salazar Córdoba, E. A. (2023). *Composición botánica y disponibilidad de forrajes en áreas destinadas al pastoreo en la estación experimental "El Padmi"* [Trabajo de Grado, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de Loja. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28663>
- Tothill, J. C., Hargreaves, J. N. G., Jones, R. M & McDonald, C. K. (1992). BOTANAL - A comprehensive sampling and computing procedure for estimating pasture yield and composition. 1. Field Sampling. *CSIRO Aust. Div. of Trop. Crops & Past., Tropical Agronomy Technical Memorandum*, 78.
- Troya Mora, D. M. (2024). *Buenas prácticas de manejo agrícola en el establecimiento de pastos mejorados* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio institucional de la Universidad Técnica de Babahoyo. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/17238>
- Villalobos, L y Arce, J. (2013). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. I. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 37(1), 91-101.
- Villalobos, L., Arce, J y Wing Ching, R. (2013). Producción de biomasa y costos de producción de pastos Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*), Kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y Ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37(2).
- Villalobos, L y Arce, J. (2014). Evaluación agronómica y nutricional del pasto Estrella Africana (*Cynodon nlemfuensis*) en la zona de Monteverde, Puntarenas, Costa Rica. II. Disponibilidad de biomasa y fenología. *Agronomía Costarricense*, 38(1).

- Villalobos, L & Wing Ching, R. (2019). Mechanical removal of senescent material for pasture recovery. *Agronomía Mesoamericana*, 30(3). <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.36625>
- Villalobos, L y Wing Ching, R. (2020). Los pastos Estrella Africana, Kikuyo y “Ryegrass” en Cartago, Costa Rica: biomasa, composición botánica y nutrientes. *UNED Research Journal*, 12(1). <https://doi.org/10.22458/urj.v12i1.2811>
- Villalobos, L & Wing Ching, R. (2023). Forage biomass estimated with a pre-calibrated equation of a rising platemeter in pastures grown in tropical conditions. *Grasses 2023*, 2(2), 127-141. <https://doi.org/10.3390/grasses2020011>
- Zambrano Cornejo, I. A. (2023). *Influencia de la carga animal en el control de malezas de potreros*. [Tesis de Pregrado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí] Repositorio institucional de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. <https://repositorio.ulead.edu.ec/handle/123456789/4666>

## 9. ANEXOS

**Anexo 1.** *Dieta formulada para el hato en producción de la FESL, según los requerimientos nutricionales del NRC (2001)*

	Alimentos	Cantidad	MS (kg)	% AI	PC (g)	ENL (Mcal)	Ca (g)	P(g)
<b>Vacas Producción 2</b>	Estrella	32.000	7.360	55.6	1030	8.83	23.55	22.08
	King Gras	1.000	0.170	1.3	15	0.19	0.65	0.51
	Concentrado	6.000	5.220	39.4	940	9.71	46.98	31.32
	Minerales	0.000	0.000	0.0	0	0.00	0.00	0.00
	Melaza	0.600	0.487	3.7	18	0.80	6.63	0.49
	Paca	0.000	0.000	0.0	0	0.00	0.00	0.00
	<b>Total</b>	<b>39.600</b>	<b>13.237</b>	<b>100</b>	<b>2003</b>	<b>19.53</b>	<b>77.80</b>	<b>54.40</b>
	<b>Requerimiento</b>		<b>13.750</b>		<b>1950</b>	<b>19.60</b>	<b>32.25</b>	<b>26.75</b>
	<b>Diferencia</b>		<b>-0.513</b>		<b>53.3</b>	<b>-0.1</b>	<b>45.55</b>	<b>27.65</b>

**Anexo 2.** *Análisis de muestras del forraje Estrella africana en el LAPAV, en época de invierno 2024*

LAPAV	Identificación muestra	Fecha	MS 60 %	FND %	FAD %	LIG %	PC %	EE %	CE %
72-24	Estrella africana Aparto # 32	26/6/24	18,75	67.84 ± 0.88	34.19 ± 0.53	3.76 ± 1.18	15.06 ± 0.57	2.58 ± 0.02	9.71 ± 0.40
75-24	Estrella africana Aparto # 5	14/8/24	19,61	67.33 ± 1.58	34.40 ± 1.10	3.80 ± 0.50	14.71 ± 0.34	2.00 ± 0.19	15.89 ± 1.61
119-24	Estrella africana Aparto # 29	30/8/24	22,22	73.75 ± 0.30	35.75 ± 0.60	3.36 ± 0.98	12.59 ± 0.02	3.51 ± 0.01	11.64 ± 0.52
<b>Promedio</b>	-	-	20,19	69,64 ± 0,92	34,79 ± 0,74	3,64 ± 0,89	14,12 ± 0,31	2,70 ± 0,07	12,41 ± 0,84

*Anexo 3. Eficiencia aparente del uso forrajero del sistema de pastoreo convencional*

<b>Días de observación</b>	<b>Biomasa Forrajera Ofertada (Ton/ha)</b>	<b>Biomasa Forrajera Consumida (Ton/ha)</b>	<b>Eficiencia del uso del Forraje</b>
1	8,51	6,34	25,50
2	8,22	6,06	26,28
3	8,24	6,11	25,85
4	10,01	7,30	27,07
5	7,88	5,86	25,63
6	9,43	6,92	26,62
7	8,21	5,96	27,41
8	8,36	6,10	27,03
9	10,04	7,40	26,29
10	12,27	9,02	26,49
11	10,78	7,80	27,64
12	9,11	6,66	26,89
13	14,67	10,66	27,33
14	13,41	9,72	27,52
15	13,27	9,78	26,30
16	13,29	9,68	27,16
<b>Promedio</b>	<b>10,36</b>	<b>7,59</b>	<b>26,69</b>

**Anexo 4. Variables del sistema de pastoreo convencional en 16 días de observación**

<b>Días de observación</b>	<b>Eficiencia del uso del Forraje</b>	<b>Consumo Aparente de Materia Verde</b>	<b>Consumo Aparente de Materia Seca</b>
1	25,50	25,43	5,13
2	26,28	21,67	4,38
3	25,85	33,84	6,83
4	27,07	22,52	4,55
5	25,63	31,08	6,27
6	26,62	38,65	7,80
7	27,41	20,51	4,14
8	27,03	39,13	7,90
9	26,29	45,68	9,22
10	26,49	58,28	11,77
11	27,64	42,98	8,68
12	26,89	33,36	6,73
13	27,33	60,87	12,29
14	27,52	56,75	11,46
15	26,30	67,58	13,64
16	27,16	56,11	11,33
<b>Promedio</b>	<b>26,69</b>	<b>40,90</b>	<b>8,26</b>

**Anexo 5. Eficiencia aparente del uso forrajero del pastoreo en franjas**

<b>Días de observación</b>	<b>Biomasa Forrajera Ofertada (Ton/ha)</b>	<b>Biomasa Forrajera Consumida (Ton/ha)</b>	<b>Eficiencia del uso del Forraje</b>
1	13,67	7,89	42,28
2	7,60	4,38	42,37
3	8,03	4,40	45,21
4	8,53	4,81	43,61
5	10,91	6,00	45,00
6	10,94	6,34	42,05
7	10,64	6,02	43,42
8	10,88	5,90	45,77
9	18,29	10,17	44,40
10	12,17	6,90	43,30
11	12,72	7,29	42,69
12	13,62	7,85	42,36
13	13,81	7,59	45,04
14	14,30	7,76	45,73
15	14,26	8,10	43,20
16	12,85	6,95	45,91
<b>Promedio</b>	<b>12,08</b>	<b>6,77</b>	<b>43,90</b>

**Anexo 6. Variables del sistema de pastoreo en franjas en 16 días de observación**

<b>Días de observación</b>	<b>Eficiencia del uso del Forraje</b>	<b>Consumo Aparente de Materia Verde</b>	<b>Consumo Aparente de Materia Seca</b>
1	42,28	87,05	17,57
2	42,37	37,05	7,48
3	45,21	36,01	7,27
4	43,61	40,76	8,23
5	45,00	60,97	12,31
6	42,05	41,73	8,43
7	43,42	54,61	11,03
8	45,77	73,50	14,84
9	44,40	90,83	18,34
10	43,30	50,64	10,22
11	42,69	69,18	13,97
12	42,36	91,70	18,52
13	45,04	51,69	10,44
14	45,73	75,24	15,19
15	43,20	61,14	12,34
16	45,91	64,61	13,04
<b>Promedio</b>	<b>43,90</b>	<b>61,67</b>	<b>12,45</b>