



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**EFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL
RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL KING
GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum x Pennisetum
typhoides*) EN MANGLARALTO, SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

Autor: Wilder Orlando Mera Orrala

LA LIBERTAD, 2023



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

**EFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL
RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL KING
GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum x Pennisetum
typhoides*) EN MANGLARALTO, SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Requisito parcial para la obtención del título de:

INGENIERO AGROPECUARIO

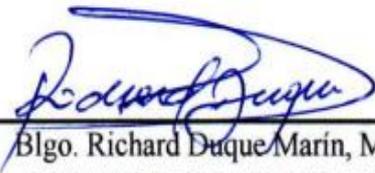
Autor: Wilder Orlando Mera Orrala

Tutora: Ing. Verónica Cristina Andrade Yucailla, Ph. D.

LA LIBERTAD, 2023

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Titulación presentado por **WILDER ORLANDO MERA ORRALA** como requisito parcial para la obtención del grado de Ingeniero Agropecuario de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Trabajo de Titulación. **APROBADO** el: 02/03/2023.



Blgo. Richard Duque Marín, Mgtr.
**DECANO DE LA FACULTAD
CIENCIAS AGRARIAS
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



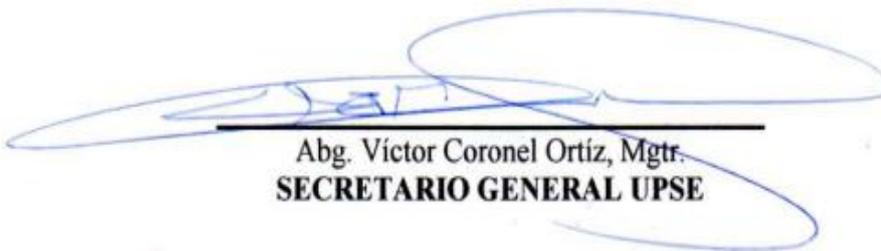
Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.
**DIRECTORA DE CARRERA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



MVZ. Debbie Chávez García, MSc.
**PROFESORA DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D.
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Abg. Víctor Coronel Ortiz, Mgtr.
SECRETARIO GENERAL UPSE

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, un ser espiritual que guía mi camino, quien me da salud, fortaleza y esperanza.

Mi mayor apremio a mi tutora Ing. Verónica Andrade Yucailla, Ph. D., quien me ha guiado en el trabajo de titulación.

Mi eterno agradecimiento a la Facultad de Ciencias Agrarias, quien me ha dado la educación universitaria y se estableció en la formación mi destino.

Wilder Orlando Mera Orrala

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres Glenda María Orrala Cucalón y Wilder George Mera Mera, quienes me guiaron con sus enseñanzas, forjando valores, brindando fortaleza y me han apoyado siempre en esta vida.

A mi amada esposa Jenny Viviana Barahona Velázquez, quien guía mis pasos, me dio esperanza y confianza para creer que es posible si se lucha. Este trabajo sin ella no podría haberse logrado. Quien me ha dado una familia, que son el motor de mi vida Mathias, Camila e Isabella.

Y a la razón de mi existir, mi hija Martina Isabella Mera Barahona, la voz que me suaviza el alma, la risa que me alegra el día, la niña por quien lucho día a día.

Y a mis hermanas, hermano, tíos, tías, suegra y suegro, cuñados, cuñada, amigos, amigas, que me han brindado su apoyo incondicional, confianza, honestidad. A todos, les quedos eternamente agradecidos.

Wilder Orlando Mera Orrala

RESUMEN

La edad de corte constituye una variable determinante en el rendimiento y calidad del forraje obtenido. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de cuatro frecuencias de corte (45, 60, 75, 90 días) en el rendimiento de biomasa forrajera y composición química del pasto King grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) bajo riego y fertilización en Manglaralto, provincia de Santa Elena, en un diseño Bloques al azar con cinco réplicas. Se estudió el rendimiento de materia seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extracto etéreo (EE), extracto libre de nitrógeno (ELN), energía metabolizable (EM), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), lignina y ceniza. Se empleó el software SPSS v.22.0 para procesamiento de datos. El rendimiento de MS se incrementó significativamente ($P < 0.001$) conforme disminuyó la frecuencia de corte. El pasto produjo cada 90 días 29.42 vs. 25.2 vs. 18.59 vs. 13.41 tMS.ha⁻¹ a 75, 60, y 45 días, respectivamente. La composición química se deprimió ($P < 0.001$) con el aumento de la edad de corte. La PB varió de 13.49 - 11.19%; FB de 33.66 - 39.94%; EE de 1.37 - 2.17%; EM de 9.79 - 8.06 MJ.kg⁻¹ MS. El fraccionamiento de la fibra mostró valores elevados al igual que la ceniza. Se concluye que bajas frecuencias de corte incrementan el rendimiento de MS y deprimen la calidad nutricional del King grass Morado. Se recomiendan cortes entre 60 y 75 días para aprovechar el balance de productividad de biomasa y calidad nutricional del King grass Morado en Manglaralto, Santa Elena.

Palabras clave: Biomasa, frecuencia, pastos, rendimiento.

ABSTRACT

The cutting age constitutes a determinant variable in the yield and quality of the forage obtained. The objective of the study was to evaluate the effect of four cutting frequencies (45, 60, 75, 90 days) on the forage biomass yield and chemical composition of Purple King grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) under irrigation and fertilization in Manglaralto, province of Santa Elena. In a randomized block design with five replicates, the yield of dry matter (DM), crude protein (CP), crude fiber (CF), ether extract (EE), free nitrogen extract (FNE), metabolizable energy (ME) neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), lignin and ash were studied. The SPSS v.22.0 software was used for data processing. Yield of MS performance increased significantly ($P < 0.001$) as cutting frequency decreased. The grass produced every 90 days 29.42 vs. 25.2 vs. 18.59 vs. 13.41 tMS.ha⁻¹ at 75, 60, and 45 days, respectively. The chemical composition was depressed ($P < 0.001$) with increasing cutting age. The CP ranged from 13.49 - 11.19%; CF of 33.66 - 39.94%; EE of 1.37 - 2.17%; ME of 9.79 - 8.06 MJ.kg⁻¹ DM. The fractionation of the fiber showed high values as well as the ash. It is concluded that low cutting frequencies increase DM yield and depress the nutritional quality of Purple King grass. Cuts between 60 and 75 days are recommended to take advantage of the balance of biomass productivity and nutritional quality of the Purple King grass in Manglaralto, Santa Elena.

Keywords: Biomass, frequency, pastures, yield.

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

El presente Trabajo de Titulación titulado **“EFECTO DE LA FRECUENCIA DE CORTE EN EL RENDIMIENTO Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL KING GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) EN MANGLARALTO, SANTA ELENA”** y elaborado por Wilder Orlando Mera Orrala, declara que la concepción, análisis y resultados son originales y aportan a la actividad científica educativa agropecuaria.

Transferencia de derechos autorales.

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



Wilder Orlando Mera Orrala
C.I.:0925080913

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
Problema Científico.....	2
Objetivo General.....	2
Objetivos Específicos.....	2
Hipótesis.....	2
CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 Los pastos tropicales para corte.....	3
1.1.1 La especie <i>Pennisetum purpureum</i>	4
1.1.2 La especie King grass morado.....	5
1.2 Lo esencial en el manejo de los pastos tropicales.....	11
1.2.1 Edad y altura de corte o pastoreo.....	13
CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
2.1 Ubicación y características edafoclimáticas del sitio experimental.....	16
2.2 Materiales y equipos.....	16
2.2.1 Material vegetativo.....	16
2.2.2 Insumos.....	16
2.2.3 Herramientas.....	17
2.2.4 Equipos.....	17
2.3 Metodología.....	17
2.3.1 Diseño experimental y tratamientos.....	17
2.3.2 Grados de libertad del diseño.....	18
2.3.3 Procedimiento experimental.....	18
2.4 Manejo del experimento.....	18
2.3.3 Análisis estadístico.....	19
CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	20
3.1 Rendimiento de MS del King grass morado según la frecuencia de corte....	20
3.2 Indicadores de la composición química del King grass morado.....	22
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	28
Conclusiones.....	28
Recomendaciones.....	29
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de la varianza.....	17
Tabla 2. Resultados del ANOVA aplicado al rendimiento de materia seca del King grass morado.....	19
Tabla 3. Cuadrados medios del error y P valores del ANOVA de indicadores de la composición química según frecuencia de corte.....	221
Tabla 4. Indicadores del fraccionamiento de la fibra y contenido de ceniza según la frecuencia de corte del King grass morado en Manglaralto.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Rendimiento de materia seca del King grass morado según la frecuencia de corte.	21
Figura 2. Comportamiento de los indicadores PB, FB, ELN y EE del King grass morado según la frecuencia de corte.	232
Figura 3. Energía metabolizable del King grass morado según la frecuencia de corte.	24

ÍNDICE DE ANEXOS

- Tabla 1A.** Base de datos de producción de forraje verde y materia seca del pasto King grass morado
- Tabla 2A.** Base de datos de la composición química del pasto King grass morado
- Tabla 3A.** Estadística descriptiva del rendimiento de MS y los indicadores de la composición química del pasto King grass morado
- Tabla 4A.** Pruebas de homogeneidad de varianzas del rendimiento de MS del pasto King grass morado
- Figura 1A.** King grass morado, ubicado en la extensión Maglaralto
- Figura 2A.** Medición para corte del King grass morado a 45 días de edad de rebrote
- Figura 3A.** Medición para corte del King grass morado a 60 días de edad de rebrote
- Figura 4A.** Medición para corte del King grass morado a 75 días de edad de rebrote
- Figura 5A.** Medición para corte del King grass morado a 90 días de edad de rebrote
- Figura 6A.** Pesado de los cortes de rebrote
- Figura 7A.** Pruebas de normalidad del rendimiento de MS del pasto King grass morado Histograma del rendimiento de MS

INTRODUCCIÓN

La introducción de materiales forrajeros de calidad y producción estable de biomasa durante todo el año, constituye una importante vía para mantener la producción del ganado en diversas regiones tropicales (Martínez *et al.*, 2009). Las características de los pastos forrajeros es que son consideradas especies que se adaptan muy bien a una alta diversidad de climas y circunstancias del entorno como a sequías, suelos, cambios de temperatura y variación de fotoperiodos (Ordoñez, 2013).

Los buenos resultados del forraje están relacionados directamente con su cuidado; las gramíneas forrajeras contienen un alto valor nutritivo debido a su composición química con elevados contenidos proteicos que son importantes en la dieta de los animales con fines productivos; lo cual sirve como alternativa para la alimentación en los sistemas pecuarios; esto con la finalidad de mitigar costos de producción y obtener buenos rendimientos (Suárez and Neira, 2014).

En Ecuador, en los últimos años, se han introducido especies forrajeras con alto potencial para ser usados en sistemas de corte y pastoreo; dentro de ellos, destacan algunos materiales obtenidos, producto del mejoramiento biotecnológico del *Pennisetum purpureum* (Morado, CT- 115, CT-169 y OM-22), los cuales se han adaptado a las condiciones del trópico (Ortiz *et al.*, 2010).

Dentro de los materiales genéticos del *P. purpureum*, el pasto morado es un genotipo de gran potencial; ello, debido a su alto rendimiento y elevada calidad, obtenido por selección de una progenie autopolinizada del pasto Merkeron, híbrido seleccionado del cruce de pasto elefante enano x pasto elefante alto (Herrera and Martínez, 2006).

En el trópico, y puede decirse en la península de Santa Elena, el pasto Morado puede representar una alternativa para los ganaderos de la región, por su elevada adaptabilidad a suelos moderadamente drenados, de fertilidad media a alta y su tolerancia a la sequía (Ortiz *et al.*, 2010; Rodríguez Granado, 2021).

Sin embargo, un aspecto a considerar para que cualquier pasto exprese su máximo potencial productivo es el manejo; dentro del cual destaca la edad de corte, pues constituye una variable determinante en el rendimiento y calidad del forraje obtenido (Ramírez *et al.*, 2010).

Problema Científico

¿El estudio de diferentes frecuencias de corte en el pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) puede determinar la edad de rebrote más favorable en términos de rendimiento y calidad de la biomasa, y contribuir a establecer el manejo adecuado de la especie en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, Santa Elena?

Objetivo General

Determinar el efecto de la frecuencia de corte en el rendimiento de biomasa y composición química del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) en la zona de Manglaralto, provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos

1. Determinar el comportamiento del rendimiento de biomasa del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) bajo diferentes frecuencias de corte.
2. Evaluar el efecto de la frecuencia de corte en variables de la composición química del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*).

Hipótesis

El pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) puede presentar diferencias en el comportamiento del rendimiento de biomasa y composición química cuando es sometido a diferentes frecuencias de corte en la zona de Manglaralto, provincia de Santa Elena.

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Los pastos tropicales para corte

Los pastos de corte representan una alternativa viable y aplicable en las ganaderías que sueñan con intensificar la producción de carne por área (Pérez-Infante, 2013). Los pastos de corte como cultivos forrajeros son una alternativa importante para suplementar al ganado en pastoreo, especialmente en época seca, donde la cantidad y calidad de las praderas se reducen a más del 50% de su potencial y, como consecuencia de ello, se presentan desequilibrios en los parámetros productivos (Ramírez *et al.*, 2017).

Sobre pastos de corte es muy poca la información difundida y la base genética de los forrajes de muchos países tropicales la constituyen especies de origen africano, incluyendo las gramíneas de ramoneo, entre ellas las del género *Brachiaria*, y de las de corte los del género *Pennisetum* (Ortega, 2015; Ray *et al.*, 2016).

En la actualidad los ganaderos se ven abocados a la necesidad de incrementar la capacidad de carga, mejorar la calidad en menor tiempo y a menor costo en las lecherías y la ceba de los animales; esto se puede lograr perfectamente con la implementación de cultivos forrajeros intensivos, ya sea con leguminosas arbustivas (*Cratylia argentea*), especies no convencionales como el botón de oro (*Tithonia diversifolia*), Morera (*Morus alba*) o con pastos de corte (Dávila and Urbano, 2005).

Bernal (1991) manifiesta que los *Pennisetum purpureum* son pastos de origen africano, robustos, vigorosos y perennes, por lo cual han sido introducidos en todas las regiones tropicales y subtropicales.

Mientras mayor sea la cantidad de alimento total producido, mayor será también la carga animal, por esta razón, el cultivo de pastos de corte es de gran interés en los sistemas de producción pecuaria; las especies forrajeras de corte son plantas altas que tienen la capacidad de producir mayor cantidad de biomasa por unidad de área que las especies utilizadas para pastoreo (Rua, 2008).

La implementación de un sistema de producción basado en pastos para corte minimiza el desperdicio de forraje, elimina el pisoteo y la compactación del suelo, evita el gasto de

energía por parte de los animales durante el pastoreo y disminuye la selección del animal que normalmente deja un residuo considerable en los potreros (Dávila and Urbano, 2005).

Se considera que la utilización de pastos de corte es una herramienta importante para incrementar la producción pecuaria sin afectar el ambiente (Herrera *et al.*, 2002). Los pastos de corte que producen bien en el trópico se identifican principalmente con el género *Pennisetum* con materiales como pasto Elefante, King grass morado o Camerún, King grass, Gramalote y Maralfalfa (Rua, 2008).

1.1.1 La especie Pennisetum purpureum

La especie *Pennisetum purpureum*, así como los híbridos con la especie *Pennisetum glaucum* (nombrada también *Cenchrus americanus* Schumach Morrone, según Chemisquy *et al.*, 2010), conocidas como hierba elefante, se caracterizan por su alta producción de biomasa en el trópico. En los híbridos dominan los principales caracteres fenotípicos de la especie *Purpureum* (Cook *et al.*, 2007).

La acumulación de biomasa en crecimiento ininterrumpido de la hierba elefante bajo condiciones normales de nutrición y humedad, depende principalmente de la edad de la planta, suma de grados de crecimiento acumulado (suma térmica), la radiación solar y la variedad de pasto elefante (Ferraris y Wood 1980). La biomasa acumulada con la edad responde a curvas logísticas de crecimiento (Rodríguez *et al.*, 2013).

Cook *et al.* (2007) plantean que *Pennisetum purpureum* y los híbridos con *P. glaucum* crecen bien con temperatura ambiente entre 25 y 40 °C. Es poco el crecimiento por debajo de 15 °C y cesa el crecimiento por debajo de 10 °C. Es común encontrar valores de 9 o 10 °C para referirse a la temperatura base mínima en pastos tropicales, teniendo en cuenta que se define como la temperatura baja donde recesa el crecimiento de la planta a partir de la cual se calculan los grados días y la suma térmica del periodo de crecimiento.

El rendimiento de proteína bruta y fibra por ha depende más de la proporción en hojas y tallos de la planta y su rendimiento total en MS que de la calidad de la hoja y el tallo por separado. La variabilidad entre cultivares de hierba elefante es alta (Pereira *et al.*, 2002 y Sobrinho *et al.*, 2005). Por esto, se descarta la importancia de seleccionar variedades con mayor proporción de hojas para la alimentación animal.

Un aspecto significativo en esta especie son los avances logrados en programas de mejoramiento genético, en los que Cuba es uno de los países en donde se ha trabajado intensamente, iniciando los trabajos poco después de haber sido introducida la variedad de hierba elefante King grass, de la especie *Pennisetum purpureum* (Herrera and Martínez, 2006).

En Cuba, en la década de los años 1980, el King grass fue utilizado como planta donante en programas de fitotecnia de las mutaciones. De este programa surgieron nuevos clones, de los cuales el Cuba CT-115 se evaluó para pastoreo por su bajo porte, y el Cuba CT-169 se evaluó para corte por su alta talla y rápido crecimiento (Herrera and Martínez 2015). Según estos autores, esta variedad se utilizó posteriormente en programas de cruzamiento de donde surgió un grupo de híbridos entre *Pennisetum purpureum* y el cultivar de millo perla Tiffon Late (*Pennisetum glaucum*), donde se seleccionó como una nueva variedad el híbrido Cuba OM-22.

1.1.2 La especie King grass morado

El pasto King grass morado es una variedad híbrida cuyo fundamento genético es el pasto elefante *Pennisetum purpureum*, por lo que muchas de sus características morfológicas coinciden. Araya y Boschisini (2005) describen al pasto elefante como una especie perenne, de crecimiento erecto, de 2 a 4 m de altura, con una caña maciza de 1.5 a 2 cm de diámetro, hojas lanceoladas, planas, tiernas y algo ásperas de 50 a 100 cm de largo y de 5 cm de ancho, similares a las del ecotipo Morado, que tiene su origen en la antigua República de Zimbabue en África del Sur y fue introducido a Suramérica a través de Panamá.

- **Características generales de pasto King grass morado**

El pasto King grass morado posee características que lo hacen inconfundible en cuanto a su morfología, sus hojas y tallos poseen un color rojizo o púrpura predominante con relación al verde, más que todo en edad temprana, hasta los 50 días aproximadamente, luego las hojas van tomando un tono un poco más verde (Lemus, 2004).

Este pasto, se ha constituido en una de las especies de corte más importantes en los trópicos y subtropicos, por la facilidad que tiene de establecimiento, adaptación amplia a los suelos, buena fertilización, un buen valor nutritivo y, además, una buena aceptación por el ganado (Alarcón, 2016).

Se puede establecer a un amplio rango de suelos, preferiblemente francos, con pH 5.0 - 7.0, altura 0 - 2000 msnm (metros sobre el nivel del mar). Se establece en lugares húmedos y secos, con precipitaciones anuales de 1000 - 4000 mm (milímetros). Temperaturas 16-27 °C y tolera moderadamente la sombra.

No se desarrolla bien en suelos mal drenados. Las plantas se tornan débiles y toman coloración amarillenta, debido a una mala fertilización; además, puede causar envenenamiento en los animales por su contenido de nitratos.

Clasificación taxonómica del pasto King grass morado (Morrone *et al.*, 2012)

Reino: Plantae

Orden: Poales

Familia: Poaceae

Subfamilia: Panicoideae

Tribu: Paniceae

Género: *Pennisetum*

Especie: (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)

Selección del área para el establecimiento de los pastos

Como primera medida, el cultivo forrajero debe estar cerca de las instalaciones donde se suministra a los animales previo acarreo y fraccionamiento (pica pastos). También se debe tener conocimiento de las características topográficas del terreno; importante que no se presenten encharcamientos, y de ser así construir los drenajes respectivos. De igual manera se debe conocer las características en cuanto a fertilidad con análisis de suelos para determinar la aplicación de correctivos y fertilizantes.

Semilla de pasto King grass Morado

La semilla botánica de King grass tiene de 10 a 15% de germinación, aunque se prefiere propagarlo vegetativamente por estacas (Rivera, 2017). Refiere que su siembra se realiza por material asexual (estolones, tallos o cañas) de 3 a 5 yemas (ver Anexo 1), lo que permite obtener rebrotes vigorosos, y lograr un buen establecimiento entre los 120 a 150 días después de la siembra, para lo cual se recomienda usar entre 1.5 y 2 toneladas de material vegetativo

por hectárea. Se debe usar semilla que no sea ni muy tierna ni muy vieja; lo mejor es que tenga entre 80 y 90 días de edad para asegurar una buena calidad (Silva *et al.*, 2013).

Según refiere Álvarez (2021), evaluaciones en este sentido las realizaron en Colombia el Grupo Pecuario de la Colonia Agrícola de Acacias en 2008, en donde en un aforo para determinar la cantidad de semilla requerida para establecer una hectárea con densidades de 0.5 m entre surcos, y teniendo en cuenta que una hectárea tiene 100 metros de ancho x 100 m de largo, y que, si se toma como referencia estas características del área, se tendrían 200 surcos de 100 metros o el equivalente a 20.000 metros lineales. El ejercicio del referido Grupo Pecuario consistió en realizar cortes de (estolones, tallos o cañas) semilla de 0.5 metro de largo y pesar un kilogramo de este material, cantidad en la que se contaron 26 estolones.

Si se toma como referencia el sistema de siembra utilizado en la Colonia, que consiste en colocar la semilla vegetativa en hilera donde los tallos se depositan en forma manual con distancias de 0.05 m entre las puntas, esto determina que cada segmento de semilla abarca 0.55 m lineal.

Siembra o plantación del pasto King grass morado

Una vez preparado el terreno, consistente en un pase de arado de disco longitudinalmente a una profundidad de 25 cm y dos pases de romplow (el primero longitudinalmente y el segundo transversalmente a una profundidad de 20 cm); y habiendo aplicado los correctivos o abonos, de acuerdo con el estado de fertilidad detectado en los resultados de los análisis de suelo, se procede a la siembra o plantación del material vegetativo (Padilla and Ayala, 2006).

Es aconsejable realizar una excelente preparación del suelo, pues la excesiva mecanización de los suelos afecta sus condiciones físicas, tal como lo manifiestan Galvis et al. (2016), que argumentan que, entre las principales variables de los suelos productivos, la estabilidad estructural y la continuidad del espacio poroso son determinantes por que condicionan físicamente el movimiento de agua, de gases, de nutrientes y desarrollo de raíces.

Esta concepción es compartida también por Salamanca and Amézquita (2015), quienes aseguran que la intensidad de uso y manejo del suelo generalmente altera el comportamiento de sus propiedades físicas y acelera su degradación, pero que a profundidades de 15

centímetros puede ser positivas de acuerdo a su experiencia en un estudio realizado en suelos del Valle del Cauca.

Luego de preparado el suelo, se procede a la siembra o plantación que inicia con la adición del fertilizante al fondo del surco y colocar la semilla vegetativa en hilera donde los tallos se colocan en forma manual con distancias de 0.05 m entre las puntas. Esta forma de siembra asegura un rebrote uniforme; cuando el material vegetativo esté colocado, se procede a taparlo con tierra de entre los surcos (Padilla and Ayala, 2006).

La profundidad de plantación es un factor importante para lograr un buen establecimiento, además de una buena preparación del terreno. Por tanto, depositar la semilla a la profundidad adecuada contribuye al alcance de un buen establecimiento del cultivo. Cuando la semilla queda muy superficial, la capa superior del suelo puede alcanzar altas temperaturas, ocasionando deshidratación de las semillas o de las plántulas recién emergidas. En siembras demasiado profundas, las plántulas no alcanzan a emerger, siendo esta una de las principales causas de pérdida de semilla en terrenos sobrepreparados.

Por lo anteriormente expuesto, los tallos se deben cubrir totalmente con una capa de suelo no superior a los cinco centímetros, estableciendo íntimo contacto con el material. A los siete días de plantado el material vegetativo (estolones, tallos o cañas) comienzan a emerger los hijuelos, estos presentan una altura de 10 cm, al mes 75 cm y a los cuatro meses 3 metros, indicando una tasa de crecimiento de 2.5 cm día^{-1} (Díaz, 2007).

Rojas (2009) recomienda la siembra inclinada, que consiste en que una vez preparado el terreno y cortada la semilla en trozos que tengan por lo menos tres yemas, se entierran las estacas o trozos en forma inclinada, dejando una yema afuera y separadas 50 x 50 cm.

En otros estudios, Leonard et al. (2015) compararon dos sistemas de siembra (método 1: estacas acostadas cero grados y método 2: a 45 grados de inclinación), las estacas seleccionadas para este estudio, presentaban nudos y fueron colocadas a 5 cm de profundidad, a 25 cm de distancia entre estacas y a 70 cm entre calles. A los 19 días de edad se midió la germinación, se observaron diferencias en el porcentaje donde el método inclinado presentó el mayor porcentaje 100% y las parcelas de siembra acostada con porcentajes de germinación del 96%, al cosechar ambas parcelas resultó que la siembra inclinada rindió 9.23 t ha^{-1} de materia seca contra 5.06 t ha^{-1} para la siembra acostada.

Resiembra o replantación

A este tema, probablemente no se le da la importancia que merece. Consiste en volver a sembrar aquellos sitios en donde la macolla de pasto se ha perdido, lo cual se debe realizar luego de la cosecha; sin embargo, si no se resiembra, se les da más oportunidad a las arvenses, y se reduce la producción de forraje. Es decir, todo depende de la cantidad de espacios sin pasto en el cultivo, los cuales deben ser mínimos o nulos (Padilla and Ayala, 2006).

Altura y frecuencia de Corte

La altura a la cosecha está muy relacionada con el tiempo de crecimiento después del corte e influye sobre la calidad y el rendimiento, pero el primer aspecto, es el que afecta directamente la respuesta animal, especialmente en el consumo y en la producción, así como, en el vigor del futuro rebrote (Méndez *et al.*, 2020).

Se cree que para los pastos Elefante y King grass, el corte debe ser lo más cerca del suelo, a unos 5 o 10 cm; sin embargo, se ha demostrado mejores resultados para el rebrote cuando los cortes se realizan entre 10 y 20 cm (Herrera y Ramos, 2006), lo cual depende de la ubicación de las reservas para el rebrote. También es importante que las herramientas utilizadas tengan buen poder de corte y que el personal que está a cargo de esta actividad esté entrenado; de esa forma se evitarán daños a las macollas donde provienen los rebrotes, los cuales son importantes para un alto rendimiento.

Los cortes deben realizarse cada 35 a 45 días en época de lluvias y cada 60 días en verano o cuando el pasto alcance una altura de 1.20 a 1.50 m con corte al ras del suelo. Se recomienda cortar el pasto en las horas de la tarde, después de que la planta haya realizado la fotosíntesis y acumulados carbohidratos solubles (almidón), los cuales están depositados en hojas y tallos. También el contenido de humedad ha disminuido por el aumento de la transpiración durante el día, facilitando el acarreo, picado y posiblemente una mayor digestibilidad de la materia seca (Dávila and Urbano, 2005).

Fertilización

De esta práctica depende fundamentalmente el éxito de la actividad forrajera, ya que con el corte se remueve la totalidad de los nutrientes de la parte aérea, los cuales, al ser extraídos del suelo, algunos se tornarán limitantes al crecimiento del pasto; esto explica las caídas

bruscas de producción, generalmente a partir del segundo año (Crespo and Álvarez, 2014; Arias *et al.*, 2019).

Según Dávila y Urbano (2005), la práctica difundida de aplicar nitrógeno una semana después del corte y anualmente un fertilizante completo que reponga lo extraído por el cultivo, garantiza la estabilidad del corte. La fertilización debe ser una herramienta que ayuda a balancear la producción de forraje.

Galviz *et al.* (2016) manifiestan que la presencia de materia orgánica favorece la agregación de las partículas del suelo en agregados de mayor tamaño y repercute en la porosidad de éste permitiendo el avance de las raíces y el movimiento del aire y del agua.

Producción de forraje

El CIAT (2003) en evaluaciones realizadas por ganaderos del Valle del Cauca, bajo condiciones de fertilidad y humedad adecuadas, obtuvo una producción de 50 - 70 t de forraje verde/corte, equivalente a 10-14 t ha⁻¹ de materia seca mediante cortes cada 45-60 días. Bernal (1997) coincide con este nivel de producción y, además, dice que se pueden lograr seis a ocho cortes al año con una producción de 300 a 400 toneladas de forraje verde, lo cual equivale a una producción de 60 a 80 t ha⁻¹ año⁻¹ de forraje seco.

Arenas (2011) menciona que el crecimiento de raíces y su función depende de la energía proporcionada por la fotosíntesis y correcta nutrición de los cultivos, nos llevara directamente a lograr una buena producción de forrajes. Según Araya y Boschini (2005), el pasto King grass Morado o pasto Camerún como es llamado en Costa Rica, debe ser cortado alrededor de los 70 – 84 días después del rebrote, edades superiores afectan la producción ya que aumenta la proporción de tallo – hoja y en consecuencia su eficiencia.

Molina (2005) evaluando el comportamiento agronómico del pasto Maralfalfa, logró determinar que el porcentaje de MS se incrementó a medida que aumentaba la edad, con porcentajes promedios de 13.8, 18.5 y 24.4% a los 35, 45 y 60 días, respectivamente; esto indica que el comportamiento en términos de materia seca aumenta y que es necesario tener en cuenta la relación hoja tallo ya que esto afecta en términos de fracciones de la planta que tienen que ver con el consumo y calidad nutricional.

Ramos et al. (2013) encontraron que el King grass en marcos de siembra de 0.5 metro entre plantas y 1.0 metro entre surcos y frecuencias de corte de 60 días, el rendimiento sin fertilizar fue de 102.7 t h⁻¹ año⁻¹, y con fertilizaciones de 300 kg ha⁻¹ año⁻¹ de urea y Agua Residual Porcina, los rendimientos fueron de 131.86 y 140.00 t h⁻¹ año⁻¹, respectivamente.

Madera et al. (2013) encontraron que el pasto King grass morado a los 120, 105 y 90 días, en el largo y ancho de la hoja del pasto presentaron valores de 115.50, 113.75 y 102.00 cm y 5.38, 5.10 y 5.15 cm, respectivamente. En el Anexo 2 se muestran imágenes del acarreo del forraje de King grass Morado cortado a los 60 días.

Calidad nutricional

El contenido de proteína promedio del Pasto King grass morado es de 8%, mientras que en sus hojas varía entre 8 – 10%, en sus tallos es de 4 – 5%, además presenta una digestibilidad 55 – 70%. No obstante, los valores de proteína, tanto en esta gramínea como en las diferentes especies de *Pennisetum* son bajos, oscilando entre 6 – 8% (Herrera *et al.*, 2014).

Roncallo et al. (2012) encontraron en rebrotes de 3, 6 y 9 semanas porcentajes de proteína de 20%, 9.5% y 8.5%, respectivamente. Vela (1992) obtuvo en sus estudios un contenido promedio de proteína cruda (PC) de 8.3%, variando entre 4.7 y 5.3% en los tallos, a 8.8 y 9.5% en las hojas. La fertilidad del suelo y la edad de la planta determinan la composición química del forraje.

Chacón and Vargas (2010) en análisis de calidad nutricional del pasto King grass Morado en frecuencias de corte de 65, 75 y 90 días, encontraron porcentajes de materia seca de 13.03, 13.79 y 14.43 y proteína cruda de 9.56, 8.70 y 9.56, respectivamente. Por otro lado, López (2015) en su estudio de análisis bromatológico del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) a seis intervalos de corte 45, 60, 75, 90, 105 y 120 días (planta completa), reportó porcentajes de Materia seca de 16.1, 30.3, 17.5, 14.9, 13.0 y 13.5 y proteína cruda de 10.8, 10.5, 6.5, 9.1, 7.9 y 6.6 en esos intervalos de corte, respectivamente.

1.2 Lo esencial en el manejo de los pastos tropicales

En los países del área tropical y subtropical, se ha señalado que el rendimiento de los animales en el pastoreo está influenciado y determinado por diferentes aspectos como la eficiencia y sostenibilidad del sistema pastoril, que denota el resultado medido como

producto animal por unidad de área de pastoreo (Valle, 2020). Sin dudas, esto dependerá, en gran medida, de la calidad del pasto, lo cual está relacionado con el manejo y cuidado de las especies.

El rigor de las condiciones ambientales en dichas regiones afecta relativamente al sistema de producción de gramíneas forrajeras, que pueden causar daños fisiológicos, provocar desequilibrios y cambios en los procesos metabólicos–fotosintéticos; sin embargo, esto se puede compensar con los cuidados en el manejo y las labores que se realicen dentro de estos sistemas (Herrera *et al.*, 2013).

En los sistemas tropicales, lo más general es que no hay un manejo adecuado que permita al productor hacer la buena utilización de los forrajes disponibles (Sánchez *et al.*, 2008). Se han implementado investigaciones acerca de la utilización adecuada con respecto al periodo de corte en las regiones tropicales y subtropicales, donde los pastos de la especie *Pennisetum purpureum* (Poaceae) son de uso generalizado en los sistemas tropicales (Araya and Boschini, 2005).

Uno de los cultivares más utilizados en estas regiones es King grass, que se caracteriza por tener aceptable producción y valor nutricional de la biomasa (Meléndez *et al.*, 2000). Al respecto, en una investigación realizada en Venezuela, con el pasto King grass fertilizado con un nivel de 50 kg N ha⁻¹ corte⁻¹, cosechado cada 60 días, se obtuvo un rendimiento forrajero promedio de 5.5 t MS ha⁻¹ (Espinoza *et al.*, 2001).

En otro estudio realizado en Cuba, Martínez *et al.* (2010) obtuvieron rendimientos promedios que oscilaron entre 7.2 y 9.2 t MS ha⁻¹ a los 56 días, en los genotipos Cuba OM-22, King grass, y Cuba CT-169, obteniendo un rendimiento de 14.4 a 18.4 t MS ha⁻¹ en dos cortes (112 días).

Chacón and Vargas (2010) observaron que la máxima calidad del King grass se registra si se cosecha a 60 días con 9.56% de proteína cruda, mientras que a 75 y 90 días presenta 8.70 y 8.42%, respectivamente. Entre tanto, Araya and Boschini (2005) encontraron que la edad óptima de cosecha en las variedades Taiwán, King grass, Gigante y Camerún es a los 70 días, conservando su calidad nutrimental (12-15% proteína cruda).

Debido a su rápido crecimiento, los pastos tropicales pierden rápidamente su valor nutritivo con la madurez (González *et al.*, 2011). En el género *Pennisetum* (poáceas tropical), disminuyen las concentraciones de proteína bruta (PB), extracto etéreo y carbohidratos no estructurales, aumenta la fibra neutro detergente (FND) y se mantienen sin cambios las concentraciones de lignina y cenizas (Correa, 2006).

Estos hallazgos confirman lo señalado por Morrillo *et al.* (2016), al afirmar que un eficiente sistema de manejo de pasturas involucra diferentes aspectos influyentes al momento de determinar los parámetros de calidad de un pasto, tales como el material vegetativo a sembrar y los intervalos de corte. Este último aspecto, según estos autores, es indispensable considerarlo, porque a tiempos más prolongados beneficia a la planta para poder producir mayor cantidad de materia verde, sustancias químicas y proteínas indispensables en la nutrición de los animales, brindando una mayor digestibilidad en los rumiantes.

1.2.1 Edad y altura de corte o pastoreo

El pasto elefante se suministra a los animales generalmente como forraje fresco o ensilado, en naves de sombras o en áreas de pastoreo cuando la disponibilidad del pasto base es insuficiente para suplir los requerimientos de biomasa. Sin embargo, también se utiliza en pastoreo solo o con otra especie acompañante (Senra, 2006).

Numerosas son las investigaciones donde se estudia la edad y altura de corte o pastoreo con el propósito de profundizar en los mecanismos relacionados con la defoliación y rebrote, los que están relacionados con la acumulación y distribución de asimilatos en diferentes órganos vegetativos (Herrera 2000 y Méndez *et al.*, 2020).

En este sentido, Fortes *et al.* (2019) encontraron un comportamiento variable de los contenidos de cenizas, calcio, fósforo y magnesio con la edad en un banco de biomasa de CT-115 después de utilizado por los animales, por lo que recomendaron estos resultados para el diseño de otras opciones de manejo.

En estudios realizados por Herrera *et al.* (2014) en King grass, Cuba CT-115 y Cuba CT-169, cortadas cinco veces al año con riego durante el período poco lluvioso y fertilizadas a razón de 100-60-80 kg/ha/año de N, P₂O₄ y K₂O, encontraron que hubo diferencias (P<0.001) en el tenor de PB de las variedades de acuerdo con la frecuencia de corte; los mayores valores se registraron en las hojas, tallos y planta íntegra con rango de

valores de 7.6-10, 4.2-5.9 y 5.1-7.3%, respectivamente, cuando se cortaron cinco veces al año; la fibra cruda difirió ($P<0.001$) y los menores valores se registraron con la mayor frecuencia de corte; para la digestibilidad *in vitro* de la materia orgánica hubo diferencias ($P<0.001$) favorables a la mayor frecuencia de corte.

La edad y la frecuencia de corte son de los factores que más puede influir en la producción de los pastos (Herrera *et al.*, 2019), aunque es práctica frecuente utilizar la baja edad de rebrote (60 y 90 días) para el caso de clones de *Cenchrus* (Herrera *et al.*, 2013 y Herrera and Martínez, 2015).

Casanovas *et al.* (2006) al evaluar el efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento fenológico y productivo de Cuba CT-115 en el período poco lluvioso, encontraron que los contenidos de proteína bruta en las hojas presentaron los mayores valores ($P<0.05$) en los cortes a los 45 días y similares a los 75 y 90 días, respectivamente; se recomienda utilizar frecuencias de corte o pastoreo a los 75 días en la época de seca sin riego.

Araya and Boshini (2005) obtuvieron niveles altos de materia seca (MS) con clones de King grass y Taiwán a los 112 y 140 días de los ciclos de corte. Chacón and Vargas (2010) reportaron contenido bajo de proteína en este cultivo, con ciclos de cosecha mayores a 60 días debido a la disminución de la relación hoja/tallo. Lounglawan *et al.* (2014) señalaron que el corte del pasto King grass y Napier en períodos de 45 a 60 días produce más MS que el corte practicado a los 30.

Por otra parte, Miranda *et al.* (2011) en Brasil, al someter clones enanos de *Cenchrus* verdes y morados a tres intensidades de defoliación, encontraron que ocurrían cambios en la morfología de las hojas, tasa fotosintética y en el material senescente. Los trabajos en King grass descritos por Herrera and Ramos (2006) dan a conocer que el forraje alcanzaba su mayor altura al ser cortado a 20 cm sobre el nivel del suelo en ambos períodos estacionales y afirman que esta respuesta es lógica, si se tiene en cuenta que esta altura permite al pasto mayor cantidad de reservas y la cepa no se deteriora, cuestión de gran importancia en el momento de realizar defoliaciones.

De la revisión del estado del arte sobre el tema, es posible resumir que, en la ganadería moderna, es importante mantener un área con pasto de corte, que sirva como fuente de forraje para ser cortado, picado y ofrecido a los animales, o guardado en forma de ensilaje o heno,

para la época seca. Los estudios destacan que los cultivos más utilizados para este fin son la caña de azúcar, los pastos del género *Panicum* (Tanzania, Mombaza, Tobiata, Indiana, etcétera) y *Pennisetum* (pasto Elefante, cultivar 22, King grass, entre otros).

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación y características edafoclimáticas del sitio experimental

La investigación se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Manglaralto, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), en el área de Pastos y Forrajes del proyecto de Investigación “Establecimiento de la estación de Agrostología de la UPSE e identificación de macro y microfauna y su afectación en la producción forrajera en la provincia de Santa Elena”, ubicada en la parroquia Manglaralto, 55 km al norte de la ciudad de Santa Elena, provincia de Santa Elena. Ubicado geográficamente a 12 m.s.n.m., las coordenadas del sitio del experimento son 01° 50′ 36″ de latitud Sur y 80° 44′ 31″ de longitud Oeste; la topografía es plana con pendiente menor a 1%.

Las condiciones climáticas del sitio experimental se caracterizan por presentar un nivel de precipitaciones entre 700 - 800mm anuales, una temperatura media anual de 20 a 30 °C, heliofanía 12 horas y una humedad relativa promedio de 83.42 (INAMHI, 2013). La zona es caracterizada, además, por dos épocas al año: la lluviosa, de diciembre a abril y la seca, de mayo a noviembre.

El suelo de la zona de Manglaralto presenta una textura de partículas franco arcilloso, con pH parcialmente neutro. Los análisis realizados arrojan un contenido de nutrientes de 21.11 kg ha⁻¹ de N, 219.84 kg ha⁻¹ de P y 240.08 kg ha⁻¹ de K, un pH 7.7 ligeramente alcalino, fósforo y potasio altos, nitrógeno medio, suelo no salino, con una conductividad eléctrica de 0.91 mS cm⁻¹ (Muñoz, 2015).

2.2 Materiales y equipos

2.2.1 Material vegetativo

Se utilizó como material vegetativo el aérea del pasto establecido King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*).

2.2.2 Insumos

- Fertilizante balanceado (Yaramila)

2.2.3 Herramientas

- Motoguadaña
- Machete
- Pala
- Azadón
- Cinta métrica
- Estacas
- Letreros
- Piola
- Cuaderno
- Lápiz
- Fundas plásticas ziploc
- Cámara fotográfica

2.2.4 Equipos

- Estufa
- Balanza gramera
- Balanza
- Sistema de riego por aspersores

2.3 Metodología

2.3.1 Diseño experimental y Tratamientos

El experimento contó con cuatro tratamientos distribuidos en un diseño de Bloques al azar con cinco réplicas. Los tratamientos consistieron en cuatro frecuencias de corte: 45, 60, 75 y 90 días de edad de rebrote. El modelo matemático empleado fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + FC_i + B_j + \varepsilon_{ijk}$$

Donde, μ = media o intercepto; FC_i = efecto de la i -ésima frecuencia de corte ($i = 1, 2, 3, 4$); B_j = efecto del j -ésimo bloque ($j=1, 2, 3, 4, 5$); ε_{ijk} = error experimental asociado a las observaciones normalmente distribuidas.

2.3.2 Grados de libertad del diseño

Tabla 1. Análisis de la varianza

Fuentes de variación	Grados de libertad
Tratamiento	3
Bloque	4
Error experimental	12
Total	19

2.3.3 Procedimiento experimental

El experimento se realizó sobre un área de King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), establecida a una distancia de 0.70 m entre surcos. Se delimitaron cinco bloques experimentales de 45 m² (15 x 3 m) cada uno, con el propósito de replicar los tratamientos, en los que se establecieron 4 parcelas experimentales de 9 m² (3x3 m) cada una, las que representaron cada frecuencia de corte, distribuidas al azar dentro de cada bloque. Se dejó 1 m de separación entre parcelas, por lo que el área total de experimentación fue de 285 m² (15 x 19 m).

El área recibió fertilización con Yaramila a razón de 40 kg ha⁻¹ (Dávila and Urbano,2005), con riego mediante aspersores distribuidos por las parcelas, con frecuencia en dependencia de las precipitaciones de la zona experimental, no se encontraron presencia de plagas ni enfermedades, las malezas se controlaron de forma manual.

2.4 Manejo del experimento

Para comenzar el estudio de las frecuencias de corte (45, 60, 75 y 90 días) se efectuó previamente un corte de homogenización. El área de cosecha fue en los 4 m² del área central de la parcela. Todo el material fue pesado, troceado y homogeneizado. La cosecha se realizó en todos los tratamientos a una altura de corte de 15 cm del suelo (Dávila *et al.* 2011).

Inmediatamente después de la cosecha, se tomó una muestra de 3 kg de forraje verde por cada parcela y se procedió al secado a 65 °C durante 72 horas en triplicado. El material secado fue molido a 1 mm de tamaño de partícula y 500 g se guardaron en fundas ziploc a temperatura ambiente (25 ±2 °C); una vez secas las muestras fueron mezcladas y homogenizadas y llevadas al laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación en Alimentos del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP),

Estación Experimental Santa Catalina, Cutuglagua, Pichincha, Ecuador, para que se les realizara el análisis bromatológico.

Variables de estudio

Las variables estudiadas fueron:

- a) Agronómicas: producción de forraje verde, producción de materia seca. Estas determinaciones se realizaron mediante el método propuesto por Bobadilla (2009).
- b) Bromatológicas: Materia seca (MS), materia orgánica (MO), proteína bruta (PB: N x 6.25) y extracto etéreo (EE), siguiendo las técnicas de análisis proximal de U. Florida (1970). El fraccionamiento de la fibra se realizó según Van Soest et al. (1991): La fibra detergente neutro (FDN) se analizó con amilasa termoestable y expresada exclusiva de ceniza residual, la fibra detergente ácido (FDA) determinada secuencialmente en el residuo de la FDN y expresada exclusiva de ceniza residual. La hemicelulosa se calculó como la diferencia entre FDN y la FDA. La celulosa y la lignina se determinaron, donde la lignina fue oxidada con permanganato. Se determinó la EB de las muestras en una bomba calorimétrica según el procedimiento de la U. Florida (1974) .

2.3.3 Análisis estadístico

Los datos obtenidos (Anexos 3 y 4) se procesaron por el paquete IBM SPSS Statistics versión 22.0 (IBM, 2013). Se realizaron análisis de varianza de clasificación doble, según el modelo matemático del diseño empleado, para cada una de las variables de rendimiento y de composición química del pasto King grass Morado. Previo a cada análisis de varianza se aplicó la estadística descriptiva (Anexo 5) y se comprobó la normalidad de los datos mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov (Anexo 6; Figura 1A) y la homogeneidad de varianzas a través de la prueba de Levene (Anexo 7). Se empleó la prueba de Tukey para realizar la comparación múltiple de medias, cuando se encontró efecto significativo de los tratamientos.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Rendimiento de MS del King grass morado según la frecuencia de corte

La estadística descriptiva aplicada a la variable rendimiento de materia seca mostró normalidad en la distribución de los datos, con un coeficiente de variación de 29%, y se procedió al análisis de varianza (Tabla 2). La frecuencia de corte tuvo un efecto altamente significativo ($P < 0.001$) en el rendimiento de materia seca del King grass morado.

Tabla 2. Resultados del ANOVA aplicado al rendimiento de materia seca del King grass Morado.

Efecto	Grados de libertad	Cuadrado Medio	F	P
Frecuencia de Corte	3	250.341	1327.70	0.0000***
Réplica	4	0.051	0.27	0.890412

*** $P < 0.001$

En la Figura 1 se muestran los valores medios del efecto de la frecuencia de corte en el rendimiento de materia seca del King grass Morado. Se encontró un incremento significativo ($P < 0.001$) del rendimiento de MS con el aumento de la edad de rebrote; es decir, cuando disminuyó la frecuencia de corte. Con la menor frecuencia empleada (90 días) se alcanzó un rendimiento de 29.42 t MS ha⁻¹, superior ($P < 0.001$) al resto de los tratamientos, los cuales mostraron diferencias significativas entre ellos.

Con anterioridad se ha informado que los rendimientos de materia seca para las diferentes edades de este híbrido manifiestan un incremento creciente a partir de los 60 días, mostrando altas superioridad con las edades inferiores (Guerrero, 2012; Raz *et al.*, 2015).

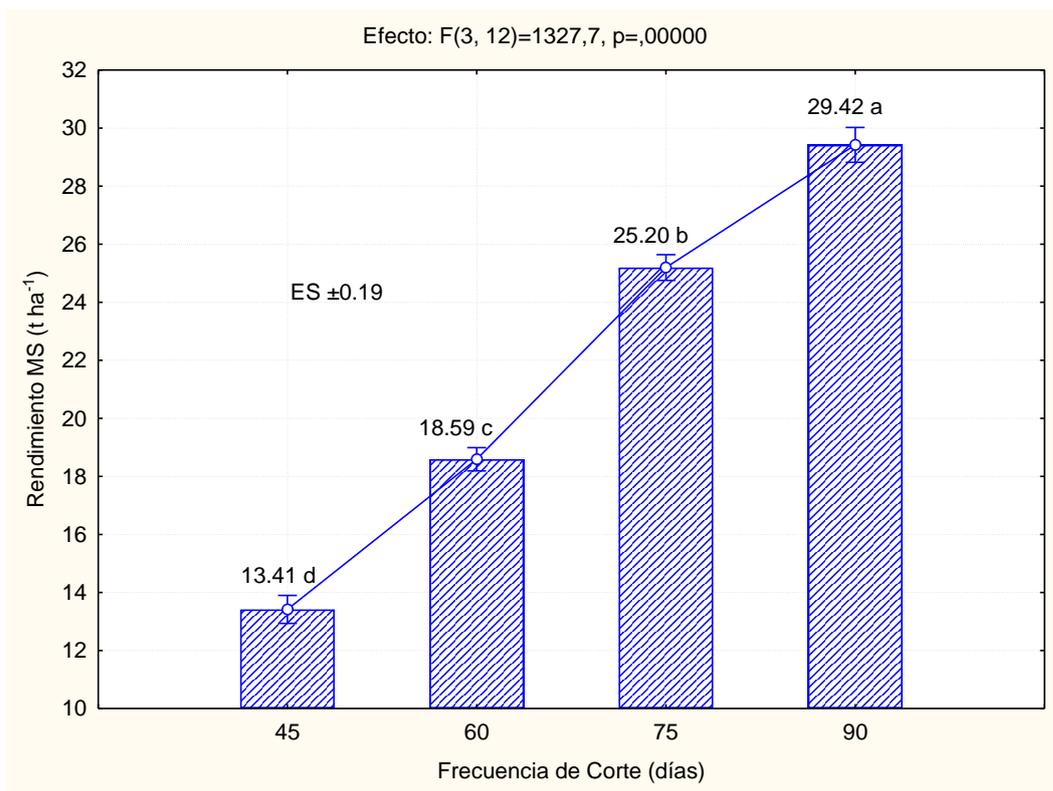


Figura 1. Rendimiento de materia seca del King grass morado según la frecuencia de corte.

La superioridad del rendimiento de MS de los pastos con el aumento de la edad de rebrote es una tendencia que se ha informado por otros autores. Rodríguez et al. (2013) señalan que la biomasa acumulada con la edad responde a curvas logísticas de crecimiento. Alarcón (2016) al referirse a esta característica, sostiene que se asocia, entre otros factores, con el incremento del proceso fotosintético a partir de una mayor área foliar, lo cual permite la intercepción de altos niveles de intensidad luminosa que será convertida en biomasa.

Por su parte, Polo and Espinosa (2022) coinciden en que el aumento del rendimiento con la edad de la planta se debe a un incremento de la capacidad metabólica que poseen los pastos en el proceso de movilización y síntesis de sustancias orgánicas para la formación y funcionamiento de sus estructuras.

Resultados inferiores a los encontrados en la presente investigación se han informado para el King grass Morado cuando se ha empleado riego y fertilización con abonos orgánicos. González (2016), al evaluar el comportamiento agronómico de esta especie con inclusión de gallinaza, señala valores de rendimiento de materia seca de 9.86 y 13.33 t ha⁻¹ a los 45 y 60 días de edad de rebrote, respectivamente. Alarcón (2016) informa un rendimiento promedio de 9.65 t MS ha⁻¹ a 56 días de edad de rebrote con la aplicación del abono orgánico cuyasa.

Igualmente se encontraron valores de rendimiento de MS inferiores, en el estudio desarrollado por Rodríguez (2021) para esta especie en el mismo sitio experimental, quien reporta 7.29 y 11.55 t MS ha⁻¹ en las edades de 45 y 60 días, respectivamente. Aunque no se define por este autor la dosis empleada del fertilizante Yaramila, al parecer su magnitud no satisfizo totalmente las necesidades del cultivo entre los cortes frecuentes a que fue sometido. En cambio, con la dosis de 40 kg ha⁻¹ usada cada 30 días en el presente estudio, equivalente a 480 kg ha⁻¹ al año, se consigue una respuesta potencial de este cultivo.

3.2 Indicadores de la composición química del King grass morado

Los análisis de varianza realizados a los indicadores de la composición química del King grass morado arrojaron un efecto altamente significativo ($P < 0.001$) de la variable frecuencia de corte en cada uno de estos (Tabla 3).

Tabla 3. Cuadrados medios del error y P valores del ANOVA de indicadores de la composición química según frecuencia de corte.

Indicador	CM Error	P valor
PB	0.0620	0.000***
FB	0.0300	0.000***
EE	0.0041	0.000***
ELN	0.1500	0.000***
EM	0.0005	0.000***
FDN	0.1000	0.000***
FDA	0.1200	0.000***
Lignina	0.0270	0.000***
Ceniza	0.0480	0.000***

*** $P < 0.001$

Los resultados de esos análisis estadísticos sugieren que la calidad nutricional del King grass morado está destacadamente influenciada por la edad de rebrote, lo cual coincide con lo señalado en la literatura. En la Figura 2 aparece el comportamiento de aquellos indicadores que nutricionalmente contribuyen al tenor de energía como *pool* de nutrientes; esto es, PB, FB, EE y ELN.

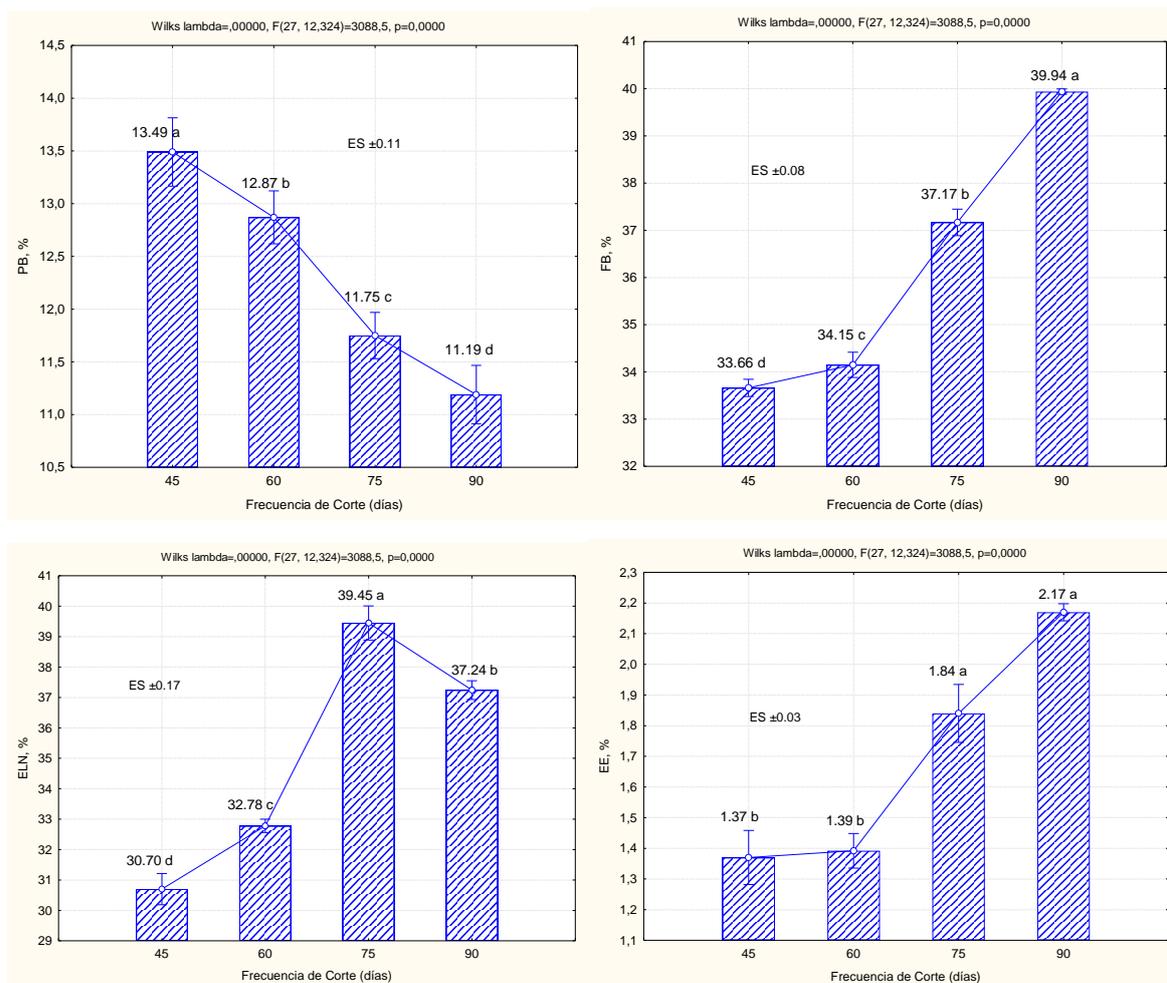


Figura 2. Comportamiento de los indicadores PB, FB, ELN y EE del King grass morado según la frecuencia de corte.

abcd Medias con letras distintas en cada indicador difieren significativamente para $P < 0.001$ según Tukey.

Los resultados encontrados para la PB y FB indican que con el aumento de la edad de corte o rebrote (menor frecuencia de corte), se deprimen estos indicadores. Por su parte, el ELN y el EE experimentaron un aumento progresivo hasta los 75 días, edad a partir de la cual se redujo el incremento para el caso del primero, y no fue significativo el incremento en el caso del EE.

Para la PB, a los 45 días se alcanzó un promedio de 13.5% y mantuvo un valor cercano a 12% a 75 días, conservando su calidad a esta edad de rebrote, lo que pudo deberse al nivel de fertilización aplicado, que al parecer le permitió mantener la característica de las

gramíneas, señalada por Morrillo et al. (2016), de producir, a tiempos más prolongados, mayor cantidad de biomasa y proteínas, indispensables en la nutrición de los animales.

Los valores de PB encontrados con los cortes entre 45 y 75 días de edad de rebrote (13.5 a 11.8%), son superiores al informado por López (2015) para el King grass Morado, quien señala valores de 10.5% hasta 60 días e inferiores a 10% a partir de 75 días. Estudios realizados por Vivas-Quilla et al. (2019) en Popayán-Colombia, con el *Pennisetum purpureum* (elefante morado) obtuvieron respuestas similares de disminución en los contenidos de proteína cruda en edades de 50 hasta 90 días de rebrote.

La disminución de la proteína al envejecer la planta, según Polo and Espinosa (2022), se produce por la disminución de la actividad metabólica de los pastos a medida que avanza la edad de rebrote, con ésta la síntesis de compuestos proteicos disminuye en comparación con los estadios más jóvenes.

Cabe resaltar, de hecho, que el manejo de la fertilización y el riego aplicado a esta especie, aun cuando fue más bajo el rendimiento de MS, mantuvo valores de PB superiores a 12% con las frecuencias de corte entre 45 y 60 días, y cercano a 12% con los cortes cada 75 días, lo cual, se sabe, favorece el consumo y la respuesta productiva de los animales (Ramírez *et al.*, 2012; Ortega, 2015).

El comportamiento de los indicadores EE y ELN también pudo estar asociado al manejo de la fertilización y riego, si se considera lo señalado por Correa (2006) y González et al. (2011) que, dado a su rápido crecimiento, estas especies pierden rápidamente su valor nutritivo con la madurez, disminuyendo las concentraciones de PB, EE y carbohidratos no estructurales (ELN) y aumentando la FDN.

El indicador EE asumió valores discretos de 1.4% con las frecuencias de corte de 45 y 60 días, y se incrementó ligeramente ($P < 0.001$) a 1.84% y 2.2% con los cortes cada 75 y 90 días, respectivamente. En cambio, se alcanzaron altos valores de ELN, los que se incrementaron significativamente con el avance de la edad de corte, característicos de estas especies de *Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*, que consiguen acumular reservas de carbohidratos no estructurales a edades superiores a 90 días (Martínez *et al.*, 2009).

La energía metabolizable, expresión de los nutrientes antes discutidos y de su utilización, se incrementó significativamente ($P < 0.001$) hasta los 60 días, con un valor promedio superior a $9.5 \text{ MJ kg}^{-1} \text{ MS}$, expresión de elevada calidad para forrajes tropicales (Ray *et al.*, 2016; Ray *et al.*, 2018; Arias-Pérez *et al.*, 2019).

A partir de 75 y hasta 90 días, la EM del King grass morado se redujo significativamente. No obstante, el valor alcanzado hasta los 75 días aún mantuvo la calidad nutricional del cultivo, adecuada para una respuesta productiva favorable de animales de mediano potencial (Pérez-Infante, 2013; Ledea, 2016; Ledea *et al.*, 2018).

Los valores de EM encontrados pueden considerarse adecuados para esta especie de pasto en las edades de rebrote evaluadas, en comparación con lo que se reporta en la literatura, en lo cual pudo influir el manejo de la fertilización y riego aplicados en el estudio (Figura 3).

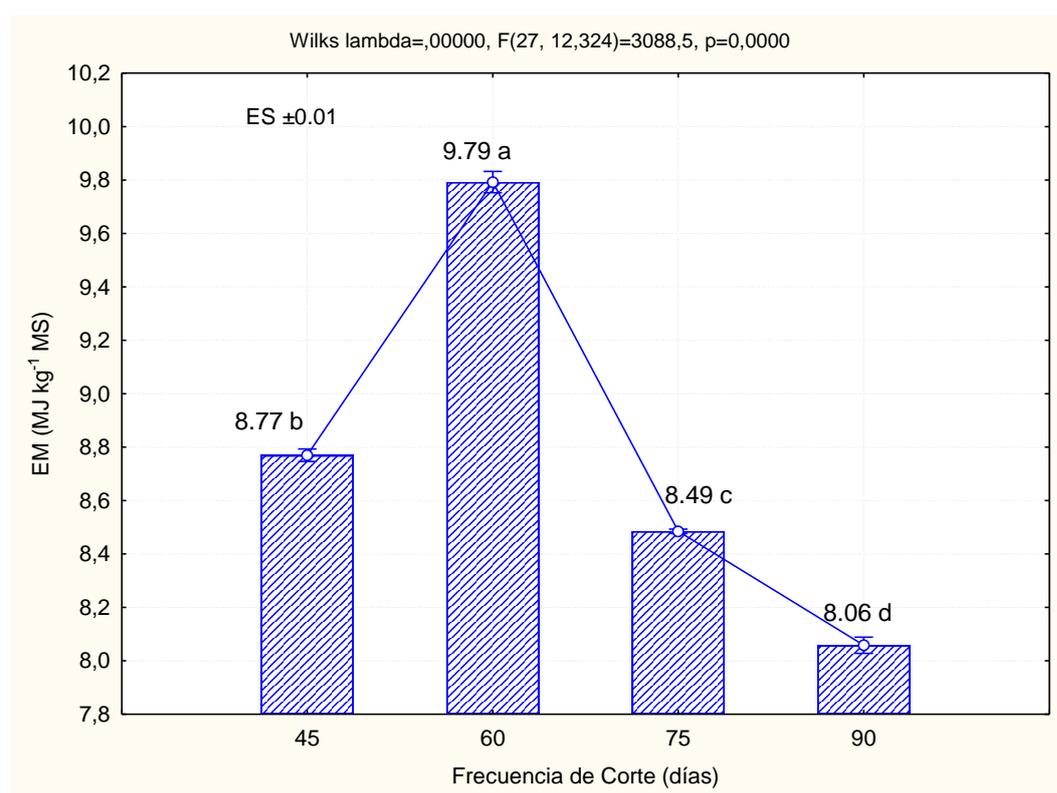


Figura 3. Energía metabolizable del King grass morado según la frecuencia de corte.

abcd Medias con letras distintas difieren significativamente para $P < 0.001$ según Tukey.

En la Tabla 4 aparecen los indicadores del fraccionamiento de la fibra, lignina y ceniza. Tanto la FDN como la FDA mostraron valores elevados, los que se corresponden con los arrojados para la FB. No obstante, el primer indicador no siguió una tendencia lógica, al

exhibir el valor más alto en la menor edad de rebrote. En cambio, la FDA mostró el valor más alto ($P < 0.001$) a la edad de 90 días de rebrote.

Tabla 4. Indicadores del fraccionamiento de la fibra y contenido de ceniza según la frecuencia de corte del King grass morado en Manglaralto.

Indicador (%)	Frecuencia de corte (días)				ES±
	45	60	75	90	
FDN	86.2 ^a	72.1 ^d	75.4 ^c	80.4 ^b	0.14
FDA	49.1 ^b	47.6 ^c	47.7 ^c	52.5 ^a	0.15
Lignina	5.7 ^d	6.5 ^c	7.3 ^b	7.9 ^a	0.07
Ceniza	11.9 ^a	10.6 ^b	11.4 ^a	10.5 ^b	0.10

Medias con letras distintas en las filas, difieren significativamente para $P < 0.001$ según Tukey.

Valores de FDA entre 40 y 44% en hierba elefante fueron informados por Souza et al. (2017). Por su parte, Álvarez (2021) informa resultados inferiores para esta variable en variedades de (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*). Este autor señala el incremento de las fracciones fibrosas y la lignina con el avance de la edad. Mojica-Rodríguez et al. (2017) informan similar tendencia para los indicadores de calidad en las gramíneas.

La lignina mostró altos valores igualmente, que se incrementaron con la edad de rebrote. La conocida mayor acumulación de tallos con la edad, es un factor que contribuye a que estos indicadores se incrementen con la edad. Los resultados de Polo and Espinosa (2022) en el pasto *Pennisetum purpureum* cv. Carajás, corroboran lo anterior, quienes relacionan este comportamiento con el incremento de la porción de tallos, fracción que tiene un mayor contenido de lignina, además de la senescencia de las hojas y acumulación del material muerto.

Los valores de ceniza encontrados, sugieren que las condiciones en que se desarrolló el estudio, generan un adecuado perfil mineral del pasto King grass Morado.

Los resultados del presente estudio permiten considerar, en resumen, que la aplicación de diferentes intervalos de corte tiene sus efectos tanto en el rendimiento de materia seca como en su calidad nutricional.

Se ha sugerido que, con los menores intervalos de corte, esto es mayores frecuencias de corte, se controla mejor la acumulación de tallos y material muerto, propiciando mayor proporción de hojas en el forraje y, con ello, mayores porcentajes de nutrientes (Arias, 2012).

En cambio, con los mayores intervalos de corte se favorece la altura y acumulación del forraje, debido a mayor acumulación de tallos y material muerto, lo que altera la estructura del forraje producido y puede disminuir su utilización (Arias, 2012; Ramírez *et al.*, 2017). Esto último puede deberse, por consiguiente, a los cambios significativos que suelen ocurrir en la calidad nutricional del forraje, lo cual fue reportado con anterioridad por Valles de la Mora *et al.* (2016).

Con todo, la aplicación de las frecuencias de corte deberá estar siempre en correspondencia con las condiciones edafoclimáticas del ecosistema de pastizal y el manejo de la fertilización y el riego aplicados, según apuntan los resultados del presente estudio.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El rendimiento de materia seca forrajera de la especie de pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) está fuertemente influenciado por la frecuencia de corte, y alcanza un incremento progresivo conforme aumenta la edad de rebrote hasta 90 días en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, provincia de Santa Elena.
- El aumento de la edad de rebrote, al practicar menores frecuencias de corte, deteriora los principales indicadores de la composición química del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*).
- Las frecuencias de corte entre 60 y 75 días posibilitan un alto rendimiento de materia seca, mantienen indicadores de calidad nutricional y se constituyen en opciones viables de manejo del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, provincia de Santa Elena.
- El avance de la edad de rebrote hasta 90 días, mediante la práctica de una menor frecuencia de corte, deteriora los principales indicadores de la composición química del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*) al incrementarse notablemente la fibra bruta y la síntesis de carbohidratos estructurales como la lignina y FDA, disminuir las formas solubles como el ELN, y afectar las concentraciones proteica y energética.
- El empleo de una dosis media de fertilización (Dávila and Urbano, 2005), equivalente a 480 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y riego frecuente durante el manejo del corte del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), favorece el comportamiento de indicadores de la producción de biomasa y su calidad nutricional, en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, provincia de Santa Elena.

Recomendaciones

- Los resultados sugieren aplicar frecuencias de corte entre 60 y 75 días de edad de rebrote, para aprovechar el balance de productividad de la biomasa y calidad nutricional de la especie King grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, provincia de Santa Elena.
- Considerar el empleo de una dosis media de fertilización, equivalente a 480 kg N ha⁻¹ año⁻¹ y riego frecuente durante el manejo del corte del pasto King grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), para favorecer el comportamiento de indicadores de la producción de biomasa y su calidad nutricional, en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, provincia de Santa Elena.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alarcón, R. L. (2016) *Efecto de la aplicación de abono orgánico de cuyaza composteado y sin compostear en la producción del pasto King grass morado (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides), en Tingo María*. Perú: Tingo María.
- Álvarez, Y. (2021) *Comportamiento de nuevas variedades de Cenchrus purpureus con tolerancia a la salinidad en el Valle del Cauto y su efecto en la alimentación de rumiantes*. Doctorado. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Granma, Cuba.
- Araya, M. and Boschini, C. (2005) 'Producción de forraje y calidad nutricional de tres variedades de *Pennisetum purpureum* en la Meseta Central de Costa Rica stress', *Agronomía Mesoamericana*, 16(1), pp. 37-43.
- Arenas, D. (2011) *Manual de fertilización, manejo de forrajes y pastos cultivados*. Colombia.
- Arias, R.C. (2012) *Frecuencias de corte en cultivares promisorios de Pennisetum purpureum resistentes a la sequía con riego y fertilización orgánica*. Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Granma, Cuba.
- Arias, R.C., Reyes-Pérez, J.J., Ray Ramírez, J.V., Benítez Jiménez, D. G., Hernández Montiel, L.G. and Ledea Rodríguez, J.L. (2019) 'Morphometric indicators in new megatermal varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to water stress', *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 22(1), pp. 115-125.
- Bernal, E.J. (1991). *Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo*. Banco ganadero Segunda Edición. Bogotá.
- Bobadilla, A. (2009) *Manual de prácticas de producción y aprovechamiento de forrajes*. Disponible en: www.fmvz.unam.mx/..//PRODUCCIONFORRAJES.doc>
- Casanovas, E., Figueredo, Y., Soto, R., Novoa, R. and Valera, R. (2006) 'Efecto de la frecuencia de corte en el comportamiento fenológico y productivo del *Pennisetum purpureum* vc CT-115 en el período poco lluvioso', *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 40(4), pp. 465-470.

- Chacón, P. A. and Vargas, C. F. (2010) ‘Consumo de *Pennisetum purpureum* cv. King grass a tres edades de cosecha en caprinos’, *Agronomía Mesoamericana*, 21, pp. 267- 274.
- Chemisquy, A. M., Giussani, L. M., Scataglini, M. A., Kellog, E. A. and Monrrone, O. (2010) ‘Phylogenetic studies favour the unification of *Pennisetum*, *Cenchrus* and *Odontelytrum* (Poaceae): a combined nuclear, plastid and morfological analysis, and nomenclatural combinations in *Cenchrus*’, *Annales of Botany*, 106, pp. 107-130
- CIAT. (2003) *Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de pastos tropicales*. Colombia.
- Cook, B.G., Pengelly, B.C., Brown, S.D., Donnelly, J. L., Eagles, D.A., Franco, M.A., Hanson, J., Mullen, B.F., Partridge, I.J., Peters, M. and Schultze-Kraft, R. (2005) *Tropical Forages: An Interactive Selection Tool*. Brisbane, Australia: CSIRO, DPI&F (Qld), CIAT, and ILRI,
- Correa, H. (2006) ‘Calidad nutricional del pasto maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cosechado a dos edades de rebrote’, *Livestock Research for Rural Development*, 18(6), pp.1-6.
- Crespo, G. and Álvarez, J. (2014) ‘Comparación de clones de *Pennisetum purpureum* fertilizados con nitrógeno’, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(3), pp. 287-291.
- Dávila, C., Urbano, D. and Castro, F. (2011) ‘Efecto de la altura y frecuencia de corte sobre tres variedades de maní forrajero (*Arachis pintoi*) en el estado Mérida: II. Características morfológicas y producción de semilla’, *Zootecnia Tropical*, 29, pp.7-15.
- Dávila, C. and Urbano, D. (2005) *Manual de Ganadería Doble Propósito. Uso de pastos de corte en los sistemas intensivos*. Venezuela: Universidad de Los Andes - Instituto de Investigaciones Agropecuarias (ULA-IIAP).
- Díaz, D. (2007) *Evaluación agronómica de variedades de *Pennisetum purpureum* en condiciones de sequía en el Valle del Cauto*. Maestría. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Cuba.

- Espinoza, F., Argenti, P., Gil, J. L., León, L. and Perdomo, E. (2001) 'Evaluación del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* cv. king grass) en asociación con leguminosas forrajeras', *Zootecnia Tropical*, 19(1), pp. 59-71.
- Ferraris, F. and Wood, J.T. (1980) 'Estimation of leaf area and plant leaf area in vegetative *Pennisetum purpureum*', *Journal of Tropical Agriculture*, 57(1), pp. 69-73.
- Fortes, D., Herrera, R. S., García, A. M., Romero, A. and Cruz, A. M. (2019) 'Composición mineral de *Cenchrus purpureus* vc. CT-115 después del pastoreo utilizado como banco de biomasa', *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 53(4), pp. 425-434
- Galvis, J., Chaparro, O., Bernal, J. and Baquero, J. (2016) 'Evaluación de la estabilidad estructural y espacio poroso en un Oxisol de sabana de los Llanos Orientales de Colombia', *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 7(1).
- González, A. (2016) *Rendimiento del pasto king grass (*Pennisetum purpureum* L. x *Pennisetum typhoides*) con cuatro fórmulas de abonamiento en Tingo María – Huánuco*. Disponible en: <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/999>.
- González, J. A., Konishi, Y., Bruno, M., Valoy, M. and Prado, F. E. (2011) 'Interrelationships among seed yield, total protein and amino acid composition of ten quinoa (*Chenopodium quinoa*) cultivars from two different agroecological regions biomasa', *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(6), pp.1222–1229
- Guerrero, J. M. (2012) *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres pastos de corte king grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*), king grass morado (*Pennisetum* spp) y maralfalfa (*Pennisetum hybridum*) en el recinto la Independencia del cantón Ponce Enríquez, provincia del Azuay*. Ecuador: UTEQ.
- Herrera, R.S. (2000) *Obtención de plántulas de *Pennisetum purpureum* con resistencia a la sequía y salinidad mediante técnicas biotecnológicas*. Cuba: Instituto de Ciencia Animal.
- Herrera, R. S. and Martínez, R. O. (2006) 'Mejoramiento genético por vías no clásicas', in *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*. San José de las Lajas, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, pp. 15-38.
- Herrera, R.S. and Martínez, R. O. (2015) 'Clones de *Pennisetum purpureum* para diferentes

- ecosistemas y propósitos productivos clásicas’, *Revista Cubana Ciencia Agrícola*, 49(4), pp. 515-519.
- Herrera, R.S., Chaple, Zucell., Cruz, Ana M., Romero, A. and García, M. (2002) ‘Obtención de plántulas de *Pennisetum purpureum* resistentes a la sequía y salinidad’, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 37(2), pp. 189-191.
- Herrera, R.S., Martínez, R.O., Martínez, M., Tuero, R., Cruz, Ana M. and Romero, A. (2014) ‘Frecuencia de corte en indicadores de calidad de variedades de *Pennisetum* y *Saccharum* durante el período poco lluvioso’, *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(2), pp. 159-165.
- Herrera, R. S. and Ramos, N. (2006) ‘Factores que influyen en la producción de biomasa y la calidad’, in *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. La Habana, Cuba: EDICA, p.79.
- Herrera, R. S., Fortes, D., García, M. and Cruz, M. (2019) ‘Study morfoagronomic indicators of *Cenchrus purpureus* clones for biomass production sequía’, *Cuban Journal of Agriculture Science*, 53(2), pp. 189-196
- Herrera, R. S., García, M., Cruz, A. M. and Romero, A. (2013) ‘Relación entre algunos factores climáticos y el rendimiento de seis variedades de pastos’, in XXIII Reunión de la Asociación Latinoamericana de Producción Animal y IV Congreso Internacional de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba.
- IBM. (2013) *IBM SPSS Statistics* (Version 22.0.0.0): International Business Machines Corp.
- INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología). (2013) Boletín climático anual. Disponible en: <http://www.serviciometeorologico.gob.ec/>
- Ledea, J.L. (2016) *Caracterización químico nutritiva de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía en el Valle del Cauto*. Maestría. Facultad de Ingeniería, Universidad de Granma, Cuba
- Ledea, J.L., Ray, J.V., Arias, R.C., Cruz, J.M., Rosell, G. and Reyes, J. J. (2018) ‘Comportamiento agronómico y productivo de nuevas variedades de *Cenchrus purpureus* tolerantes a la sequía’, *Agronomía Mesoamericana*, 29(22), pp. 343-362.

- Lemus, L. H and Lemus, V. E. (2004) ‘Gramíneas’, in Plantas de uso forrajero en el trópico cálido y templado de Colombia. Villavicencio, Colombia: Universidad de los Llanos, Programa de Ingeniería Agronómica, pp. 35-213.
- Leonard, I., Burgos, C. V., Uvidia, H., Torres, V., Andino, M., and Benítez, D. (2015) ‘Influencia del método de siembra sobre la curva de crecimiento del *Pennisetum purpureum* vs King grass en la Amazonía Ecuatoriana’, Revista Amazónica Ciencia y Tecnología, 3(1), pp. 33-48.
- Lounglawan, P., Lounglawan, W. and Suksombat, W. (2014) ‘Effect of cutting interval and cutting height on yield and chemical composition of King Napier grass (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum americanum*)’, APCBEE Procedia, 8, pp. 27-31.
- Martínez, R. O., Herrera, R. S., Tuero, R. and Padilla, C. R. (2009) ‘Hierba elefante, variedades Cuba CT-115, Cuba CT-169 y Cuba OM-22 (*Pennisetum* sp)’, Revista ACPA, 2, p. 44.
- Madera, N., Ortiz, B., Bacab, H. and Magaña, H. (2013) ‘Influencia de la edad de corte del pasto morado (*Pennisetum purpureum*) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca’, Avances en Investigación Agropecuaria, 17(2), pp. 41-52.
- Meléndez, J., Ibarra, G. and Iglesias, O. (2000) ‘*Pennisetum purpureum* cv. CRA– 265 en condiciones de secano. Parámetros agronómicos y valor nutritivo’, Producción Animal, 12, pp. 17-20.
- Méndez, Y., Reyes, J.J., Luna, R.A., Verdecía, D.M., Espinoza, A.L, Pincay, W.J., Espinosa, K.A., Macías, R.K. and Herrera, R. H. (2020) ‘Efecto de la zona climática en el rendimiento y calidad de tres variedades de *Megathyrsus maximus*’, Revista Cubana de Ciencia Agrícola, 54(2), pp. 1-12
- Miranda, C.A., Campos, D.S., Almeida, I., Medeiros, A., Tavares, C.R. and Silva, F.J. (2011) ‘Morphogenesis of dwarf elephant grass clones in response to intensity and frequency of defoliation in dry and rainy season tropicals’, Revista Brasileira Zootecnia, 40(7), pp. 1445-1451
- Mojica-Rodríguez, J.E., Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J. and Lascano-Aguilar, C.E. (2017) ‘Efecto de la edad de rebrote sobre el perfil de ácidos grasos en gramíneas tropicales’, CORPOICA Ciencia Tecnología Agropecuaria, 18(2), pp. 217-232.

- Molina, S. (2005) 'Evaluación agronómica y bromatológica del pasto Maralfalfa (*Pennisetum sp.*) cultivado en el Valle del Sinú', Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín. Colombia, 58(1), p. 39.
- Morillo, A. C., Tovar, Y. P. and Morillo, E. (2016) 'Caracterización morfológica de *Selenicereus megalanthus* (K. Schum. ex Vaupel) Moran, en la provincia de Lengupá', Ciencia en Desarrollo.
- Morrone, O., Asgesen, L., Scatiglini, M.A., Salaricato, D-L., Denham, S.S., Chemisquy, M.A., Sede, S. M., Giussani, L. M., Kelloggand, E. A. and Zuloaga, F. (2012) 'Phylogeny of the Paniceae (Poaceae: Paniceae): integrating plastid DNA sequences and morphology in to a new classification', Cladistics, 28, 333-356
- Ortega, C. (2015) 'Características agronómicas, composición bromatológica, digestibilidad y consumo animal en cuatro especies de pastos de los generos Brachiaria', Tropical and subtropical Agroecosystems, pp. 291-301.
- Ortiz, R. B., Sosa, R. E. and Zavaleta, C. (2010) *Manual del pasto morado*. Folleto Técnico No. 1. Coordinadora Nacional de las Fundaciones Produce, A. C. Instituto Tecnológico de Conkal. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Campo Experimental Chetumal, Quintana Roo. México. 12 pp.
- Padilla, C. and Ayala, J. R. (2006) *Pennisetum purpureum para la ganadería tropical*, La Habana: EDICA.
- Pérez-Infante, F. (2013) *Ganadería eficiente*. Cuba: Asociación Cubana de Producción Animal.
- Pereira, M., Maldonado, H. and Coelho, J.F. (2002) 'Composición bromatológica. Disponibilidad de forraje y índice foliar de 17 genotipos de pasto elefante (*Pennisetum purpureum* Shum) sobre pastoreo Carajás', Revista Brasileira de Zootécnia, 31(1), pp. 313-320.
- Polo, E. A. and Espinosa, M. I. (2022) 'Rendimiento y características químicas e influencia de diferentes patrones de siembra del pasto *Pennisetum purpureum* cv. Elefante Carajás', Revista Investigaciones Agropecuarias, 4(2), pp. 73-81.

- Ramírez, J., Herrera, R., Leonard, I., Cisneros, M., Verdecia, D. and Álvarez, Y. (2012) 'Rendimiento de indicadores de calidad en *Panicum maximum* vc. Likoni en el Valle del Cauto, Cuba', *Revista Electrónica Veterinaria*, 13(4), pp. 1-8.
- Ramírez, R. O., Hernández, G. A., Carneiro da Silva, S., Pérez, P. J., Jacaúna de Souza, J. S., Castro, R. R. and Enríquez, J. F. (2010) 'Características morfogenéticas y su influencia en el rendimiento del pasto mombaza, cosechado a diferentes intervalos de corte', *Tropical and Subtropical Agroecosystem*, 12, pp. 303-311.
- Ramírez, J.L., Zambrano, D.A., Campuzano, Y., Verdecia, D.M., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J. and Uvidia, H. (2017) 'El clima y su influencia en la producción de pastos', *REDVET*, 18(6).
- Ramos, T.O., Canul, S. J. and Duarte, V. F. (2013) 'Producción de tres variedades de *Pennisetum purpureum* fertilizadas con dos diferentes fuentes nitrogenadas en Yucatán, México', *Revista Bio Ciencias*, 2(2).
- Ray, J.V., Almaguer, R.F., Ledea, J.L., Benítez, D.G., Arias, R. C. and Roselle, G. (2018) 'Evaluation of varieties of *Cenchrus purpureus* tolerant to drought under premountain conditions', *Cuban Journal of Agricultural Science*, 52(1), pp. 75-85.
- Ray, J.V., Herrera, R.S., Díaz, Dalibia. and Benítez, D.G. (2016) 'Análisis multivariado del comportamiento agronómico y de la calidad forrajera de nuevos clones de *Pennisetum purpureum* tolerantes a la sequía en el Valle del Cauto, Cuba', *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 50(4), pp. 639-648.
- Raz, R., Clavero, T. and Montiel, N. (2015) 'Efecto de la frecuencia de defoliación sobre la producción de las fracciones botánicas del pasto king grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)', *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 32(2). Disponible en: <https://produccioncientificaluz.org/index.php/agronomia/article/view/27182>. Consultado: 9 de septiembre de 2021.
- Rodríguez, L., Larduet, R., Martínez, R.O., Torres, V., Herrera, M., Medina, Y. and Noda, Aida. (2013) 'Modelación de la dinámica de acumulación de biomasa en *Pennisetum purpureum* vc. king grass en el occidente de Cuba', *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 47(2), pp. 199-124

- Rodríguez Granado, J. M. (2021) *Comportamiento agronómico del pasto King grass morado (Pennisetum purpureum) a diferentes edades de corte en la parroquia Manglaralto provincia de Santa Elena*. Ingeniero. Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador.
- Rojas, S. (2009) Análisis bromatológico pasto elefante morado (*Pennisetum purpureum*).
Disponible en: <http://buendato.com/profiles/blogs/analisis-bromatologico-pasto>
- Roncallo, B., Milena, Sierra, A. and Castro, E. (2012) 'Rendimiento de forraje de gramíneas de corte y efecto sobre calidad composicional y producción de leche en el Caribe seco. Corpoica', *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 13(1).
- Rua, M.F. (2008) *Pasto de corte para el trópico. Pastosypraderasuis*. Disponible en: http://pastosypraderasuis.blogspot.com/2012_11_01_archive.html. Consultado: 25/01/23.
- Salamanca, Jiménez, A. and Amézquita, Collazos, E. (2015) 'Influencia de la intensidad de uso sobre algunas propiedades físicas en un suelo del Valle del Cauca, Colombia', *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 6(1), pp. 43-52. doi:<https://doi.org/10.22490/21456453.1262>
- Sánchez, T., Orskov, E. R., Lamela, L., Pedraza, R. and López, O. (2008) 'Valor nutritivo de los componentes forrajeros de una asociación de gramíneas mejoradas y *Leucaena leucocephala*', *Pastos y Forrajes* 31, pp. 271-281.
- Senra, A. (2006) 'Uso en la producción animal', in *Pennisetum purpureum* para la ganadería tropical. La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, p.209-219.
- Silva, M. M., Vasquez, H., Coelho, J. F., Bressan-Smith, R .E. and D'Avila, E. (2013) 'Composição Bromatológica. Disponibilidade de Forragem e Índice de Área Foliar de 17 Genótipos de Capim-Elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) sob Pastejo. em Campos dos Goytacazes', *Revista Brasileira de Zootécnia*, 31(1), pp. 313-320.
- Souza, D., Da Silva, F., Silva, R., Porto, A. F., Pimentel, L. R., Santiago, B. M., Dos Santos, A. P., Vieira, T. M., Santos, W. B. S. E. and Da Silva, A. R. (2017) 'Performance and nutritional parameters of lactating cows on pasture receiving castor bean meal', *Semin. Cienc. Agrar*, 38(4), pp. 2619-2629.

- Suárez, M. and Neira, P. (2014) *Comportamiento agronómico de tres especies forrajeras en Manglaralto*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2216/1/UPSE-TIA-2015-008.pdf>.
- U. Florida. (1970) Universidad de Florida. Protocolos para determinar los contenidos de materia seca, materia orgánica, proteína bruta, extracto etéreo, digestibilidad *in vitro* de materia seca, materia orgánica. Disponible en: http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=44
- U. Florida. (1974) Universidad de Florida. Protocolos para determinar la energía Bruta, energía digestible y energía metabolizable. Disponible en http://www.iniap.gob.ec/nsite/index.php?option=com_content&view=article&id=44&Itemid=
- Valle, D. M. (2020) *Rendimiento y valor nutritivo del pasto Brachiaria brizantha cv. Marandú, en Río Verde, provincia de Santa Elena*. Pregrado. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Estatal Península de Santa Elena, Ecuador. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/5537/1/UPSETIA-20200018.pdf>
- Valles-de la Mora, B., Castillo-Gallegos, E. and Bernal-Barragán, H. (2016) 'Rendimiento y degradabilidad ruminal de materia seca y energía de diez pastos tropicales cosechados a cuatro edades', *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 7(2), pp. 141-158.
- Van-Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. (1991) 'Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition', *Journal of Dairy Science*, 74(10), pp. 3583-3589.
- Vivas-Quilla, N.J., Criollo-Dorado, M.Z. and Cedeño-Gómez, M.C. (2019) *Frecuencia de corte de pasto elefante morado Pennisetum purpureum Schumach. Popayán - Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612019000100045. Consultado: 16 de diciembre de 2021.

ANEXOS



Figura 1A. King grass morado ubicado en la extensión Maglaralto



Figura 2A. Medición para corte del King grass morado a 45 días de edad de rebrote



Figura 3A. Medición para corte del King grass morado a 60 días de edad de rebrote



Figura 4A. Medición para corte del King grass morado a 75 días de edad de rebrote



Figura 5A. Medición para corte del King grass morado a 90 días de edad de rebrote



Figura 6A. Pesado de los cortes de rebrote

Tabla 3A. Base de datos de producción de forraje verde y materia seca del pasto King grass morado

Frecuencia de Corte (días)	Forraje verde (t.ha ⁻¹) N° Réplica					M.S (t.ha ⁻¹) N° Réplica				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
45	13.5	12.95	13.07	13.75	13.8	2.4	2.56	2.48	2.7	2.61
60	18.2	18.5	19.05	18.75	18.45	3.5	3.26	3.48	3.79	3.48
75	25.3	25.25	24.98	24.75	25.7	4.73	4.25	4.36	5.02	4.85
90	29.3	29.5	29.47	30.1	28.75	6.15	6.23	6.19	6.42	6.34

Tabla 4A. Base de datos de la composición química del pasto King grass morado

FC	Réplica	EE	Ceniza	Proteína Bruta	Fibra Bruta	ELN	FDN	FDA	Lignina	Energía Bruta
		%	%	%	%	%	%	%	%	MJ/kgMS
45	1	1.37	11.85	13.49	33.67	30.70	86.15	49.13	5.72	8.77
	2	1.47	11.80	13.18	33.45	31.00	86.45	49.70	5.60	8.74
	3	1.27	11.90	13.80	33.86	30.40	85.85	48.56	5.82	8.79
	4	1.38	11.82	13.29	33.63	31.20	86.22	49.26	5.74	8.76
	5	1.36	11.88	13.69	33.71	30.20	86.08	49.00	5.70	8.78
60	1	1.39	10.57	12.87	34.15	32.78	72.06	47.65	6.49	9.79
	2	1.47	10.46	13.10	34.45	33.00	71.92	48.00	6.12	9.75
	3	1.36	10.68	12.64	33.85	32.56	72.20	47.29	6.86	9.83
	4	1.38	10.48	13.04	34.10	32.66	72.12	47.40	6.29	9.77
	5	1.36	10.64	12.70	34.20	32.9	72.00	47.90	6.69	9.81
75	1	1.84	11.42	11.75	37.17	39.45	75.36	47.74	7.29	8.49
	2	1.74	11.82	12.00	37.00	39.05	76.00	48.00	7.20	8.49
	3	1.94	11.02	11.50	37.34	39.85	74.72	47.48	7.38	8.48
	4	1.80	11.50	11.75	36.9	38.95	75.40	47.80	7.40	8.49
	5	1.88	11.34	11.75	37.44	39.95	75.32	47.68	7.18	8.48
90	1	2.17	10.54	11.19	39.94	37.24	80.41	52.47	8.15	8.06
	2	2.2	11.00	10.89	39.89	37.00	81.00	52.0	7.8	8.04
	3	2.14	10.08	11.49	39.99	37.42	79.82	52.94	8.0	8.03
	4	2.18	10.65	11.29	39.9	37.55	80.50	52.30	7.6	8.09
	5	2.16	10.43	11.09	39.98	37.00	80.32	52.64	7.8	8.08

Tabla 3A. Estadística descriptiva del rendimiento de MS y los indicadores de la composición química del pasto King grass morado

Indicador	N Válidos	Media	Mínimo	Máximo	DS±	Coefficiente Variación	ES±
Rendimiento, tMS.ha ⁻¹	20	21.66	12.95	30.10	6.297	29.079	1.408
PB, %	20	12.33	10.89	13.80	0.949	7.70	0.212
FB, %	20	36.23	33.45	39.99	2.598	7.17	0.581
ELN, %	20	35.04	30.20	39.95	3.577	10.21	0.800
EE, %	20	1.69	1.27	2.20	0.346	20.43	0.077
Ceniza, %	20	11.09	10.08	11.90	0.613	5.53	0.137
FDN, %	20	78.50	71.92	86.45	5.474	6.97	1.224
FDA, %	20	49.25	47.29	52.94	2.024	4.11	0.453
Lignina, %	20	6.84	5.60	8.15	0.854	12.48	0.191
EM, MJ.kg ⁻¹ MS	20	8.78	8.03	9.83	0.656	7.47	0.147

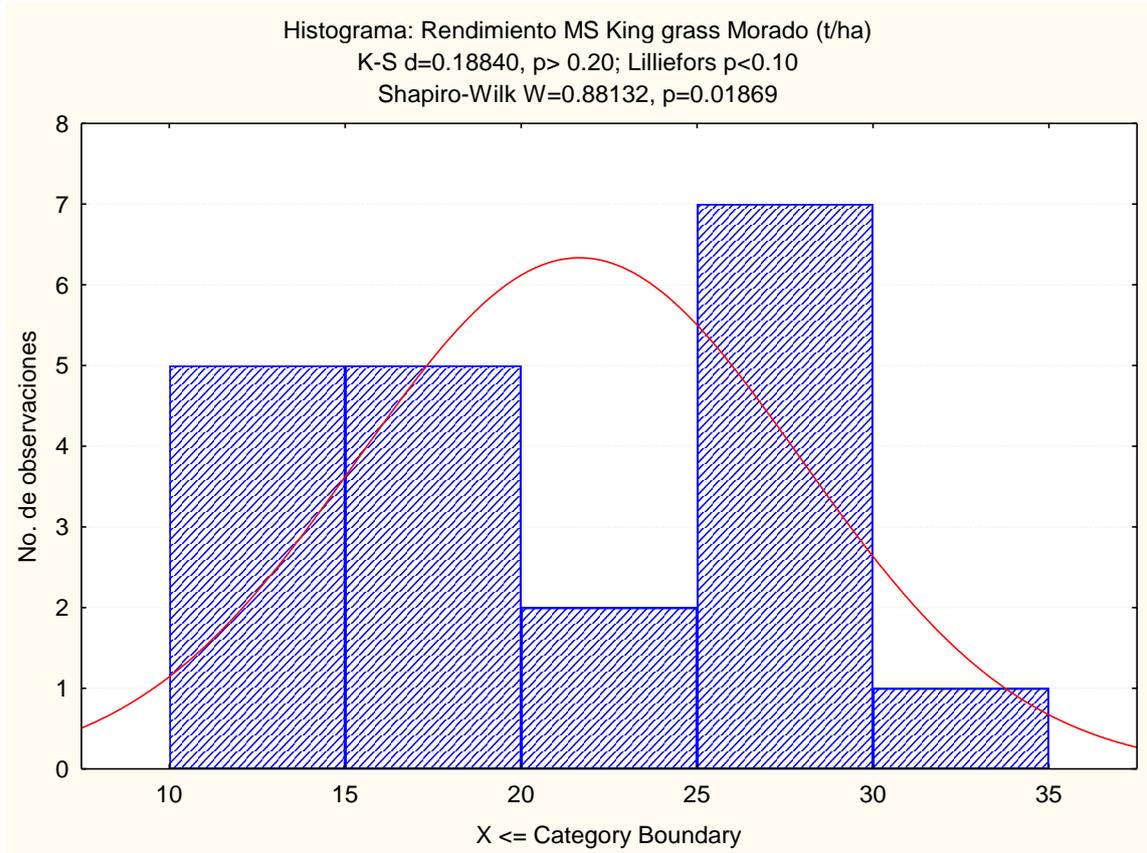


Figura 7A. Pruebas de normalidad del rendimiento de MS del pasto King grass morado
 Histograma del rendimiento de MS

Tabla 4A. Pruebas de homogeneidad de varianzas del rendimiento de MS del pasto King grass morado

Hartley	Cochran	Bartlett	GL	P - valor
F-max	C	Chi cuadrado		
2.241.055	0.378692	0.663972	3	0.881644
Test de Levene				
GL para todas las F: 3, 16				
CM Efecto	CM Error	F	P - valor	
0.007247	0.048619	0.149054	0.928782	