



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

DIRECCIÓN DE CARRERA: INGENIERÍA AGRÍCOLA

**INFORME DE TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGRÍCOLA**

MODALIDAD:

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**RESPUESTA AGRONÓMICA Y EFICIENCIA DE LA
FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE *Megathyrsus maximus*
(Jacq) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs EN EL VALLE DEL RÍO
CARRIZAL**

AUTORES:

**HOLLIVAN ALBERTO ANDRADE REYNA
CRISTHIAN EDUARDO CEDEÑO MACÍAS**

TUTOR:

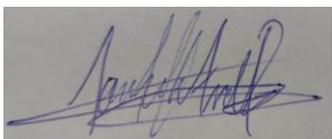
ING. LEONARDO VERA MACIAS, MG.

CALCETA, NOVIEMBRE DE 2021

DERECHOS DE AUTORÍA

Hollivan Alberto Andrade Reyna y Cristhian Eduardo Cedeño Macías, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.



**HOLLIVAN ALBERTO
ANDRADE REYNA**



**CRISTHIAN EDUARDO
CEDEÑO MACÍAS**

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. LEONARDO RAMÓN VERA MACÍAS, certifica haber tutelado el proyecto **RESPUESTA AGRONÓMICA Y EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE *Megathyrsus maximus* (Jacq) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**, que ha sido desarrollado por **HOLLIVAN ALBERTO ANDRADE REYNA Y CRISTHIAN EDUARDO CEDEÑO MACÍAS**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN DE LA UNIDAD DE TITULACIÓN ESPECIAL** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. LEONARDO RAMÓN VERA MACÍAS, MSc

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el trabajo de titulación **RESPUESTA AGRONÓMICA Y EFICIENCIA DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE *Megathyrsus maximus* (Jacq) B.K.Simon & S.W.L.Jacobs EN EL VALLE DEL RÍO CARRIZAL**, que ha sido propuesto, desarrollado por **HOLLIVAN ALBERTO ANDRADE REYNA Y CRISTHIAN EDUARDO CEDEÑO MACÍAS**, previa la obtención del título de Ingeniero Agrícola, de acuerdo al **REGLAMENTO PARA LA ELABORACIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. FREDDY WILBERTO
MESÍAS GALLO, MG
MIEMBRO

.....
ING. LUIS ENRIQUE
PÁRRAGA MUÑOZ, MG
MIEMBRO

.....
ING. GONZALO CONSTANTE TUBAY, MG
PRESIDENTE

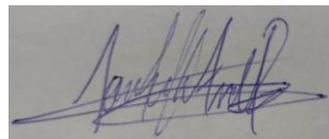
AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida me ha brindado y por la familia amorosa que me ha servido como soporte para alcanzar todos los logros propuestos.

A mis padres y familia que de una u otra manera me han ayudado en este ciclo de vida universitaria, quienes me han apoyado en lo económico y en lo anímico y así poder dar mi mayor esfuerzo en esta meta lograda que es concluir esta carrera.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me brindó la oportunidad de pertenecer y adquirir conocimientos en esta prestigiosa institución, de igual manera agradecer a los profesores por transmitir sus conocimientos en el transcurso de mis estudios. Agradecer a la Ing. Geoconda López por siempre estar dispuesta a enseñar y guiar en labores de campo y brindarnos su amistad a todos los estudiantes. Agradecer al Ing. Galo Cedeño por brindar y guiarme con sus conocimientos de una o de otra manera para el desarrollo estudiantil y del trabajo de tesis.

A mi tutor el Ing. Leonardo Vera que siempre estuvo dispuesto ayudarme y guiarme en el trabajo de titulación y brindarme sus conocimientos. Agradecer a la Ing. Andrea Vera que fue uno de mis pilares en el transcurso de la carrera y en el trabajo de titulación y agradecer a todos mis compañeros y grupo de personas que colaboran en la carrera de Agrícola que me ayudaron en el transcurso de esta etapa siempre a dar una mano en mi vida de estudiante.



HOLLIVAN ALBERTO ANDRADE REYNA

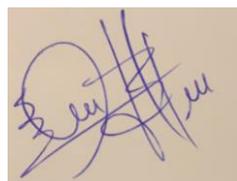
AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López por darme la oportunidad de formarme con una educación superior de calidad, y en el cual he forjado mis conocimientos día a día en el ámbito profesional.

A mis profesores a quienes se convirtieron en consejeros, formadores profesionales a lo largo de mi carrera universitaria.

A los señores miembros del tribunal de tesis por aportar con sus conocimientos en la educación y desarrollo de la presente investigación.

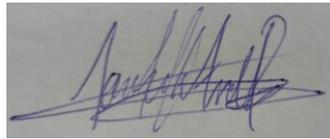
A mi familia por el constante apoyo durante toda la vida y más aún durante la vida académica, siendo los artífices de mis éxitos.



CRISTHIAN EDUARDO CEDEÑO MACÍAS

DEDICATORIA

A mis padres por ser el pilar fundamental en todo lo que soy. Por su incondicional apoyo en el transcurso de mis estudios y en la vida en sí. A la Ing. Andrea Vera por ser parte importante de mi vida quien me ha apoyado incondicionalmente, sobre todo por su paciencia y colaboración en el transcurso de mis estudios y siempre motivarme a ser mejor.



HOLLIVAN ALBERTO ANDRADE REYNA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por ser el principal eje en mi vida y quien me impulsa a ser cada día mejor.

A mi madre Marcela Macías y a mi padre Yimmy Cedeño, por ser quienes me han guiado por el camino del bien y me inculcaron desde pequeño el sentido de la responsabilidad y el esfuerzo para alcanzar las metas deseadas.

A mis hermanos Jimmy Cedeño y Ángel Cedeño, por sus sabios consejos en los momentos más importantes en mi vida.

A mi novia Sara Cedeño, mi fiel compañera, quien ha sido testigo del esfuerzo y sacrificio en todo este tiempo de estudio y quien ha sido mi apoyo incondicional para lograr muchos objetivos.

A todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera han contribuido para la culminación de la carrera y de este proyecto investigativo.

A handwritten signature in blue ink on a light brown background. The signature is stylized and appears to read 'Cristhian Eduardo Cedeño Macías'.

CRISTHIAN EDUARDO CEDEÑO MACÍAS

CONTENIDO GENERAL

| | |
|--|------|
| CARÁTULA | i |
| DERECHOS DE AUTORÍA | ii |
| CERTIFICACIÓN DEL TUTOR | iii |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL | iv |
| AGRADECIMIENTO | v |
| DEDICATORIA | vii |
| CONTENIDO DE TABLAS | xi |
| CONTENIDO DE FIGURAS | xi |
| CONTENIDO DE ANEXOS | xi |
| RESUMEN | xii |
| ABSTRAC | xiii |
| CAPÍTULO I. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.2. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.3. OBJETIVOS | 4 |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL | 4 |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS..... | 4 |
| 1.4. HIPÓTESIS..... | 4 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| 2.1. PASTO SABOYA | 5 |
| 2.2. ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PASTO SABOYA O GUÍNEA EN EL ECUADOR | 5 |
| 2.3. ECO-FISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE PASTOS..... | 7 |
| 2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA | 10 |
| 2.5. BALANCE DE NUTRIENTES..... | 11 |
| 2.6. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS..... | 11 |
| 2.6.1. ABSORCIÓN DE NITRÓGENO EN LA PLANTA..... | 12 |
| 2.6.2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO SEGÚN SUS FUNCIONES PRINCIPALES | 12 |
| 2.6.3. DEFICIENCIA DE NITRÓGENO EN LA PLANTA | 13 |
| 2.6.4. EXCESOS DE NITRÓGENO EN LA PLANTA..... | 13 |
| 2.7. EXPERIENCIAS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN PASTOS | 13 |

| | |
|---|----|
| 2.8. CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÓMICAS DE <i>Megathyrs maximus</i> CV. MOMBASA..... | 14 |
| 2.9. CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÓMICAS DE <i>MEGATHYRS US MAXIMUS</i> CV. BRS ZURI..... | 15 |
| CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO | 16 |
| 3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN | 16 |
| 3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS..... | 16 |
| 3.3. FACTORES EN ESTUDIO..... | 17 |
| 3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL..... | 17 |
| 3.5. VARIABLES AGRONÓMICAS | 18 |
| 3.5.1. VARIABLES DE USO EFICIENTE DE N | 19 |
| 3.6. MANEJO DEL CULTIVO..... | 20 |
| CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 22 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 29 |
| CONCLUSIONES | 29 |
| RECOMENDACIONES | 29 |
| BIBLIOGRAFÍA | 30 |
| ANEXOS | 35 |
| ANEXO 1 (EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS) | 36 |

CONTENIDO DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 2.1. Taxonomía del pasto saboya | 5 |
| Tabla 3.1. Interpretación análisis del suelo | 16 |
| Tabla 3.2. Esquema ANOVA | 17 |
| Tabla 4.1. Variables morfológicas de dos genotipos de pasto guinea o saboya en función de los niveles de fertilización nitrogenada Calceta, Ecuador | 22 |
| Tabla 4.2. Rendimiento de materia verde y seca de dos genotipos de pasto guinea o saboya en función de niveles de fertilización nitrogenada Calceta, Ecuador | 24 |
| Tabla 4.3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el número de cortes en los cultivares de pasto guinea Mombasa y Zuri Calceta, Ecuador 2020 | 26 |
| Tabla 4.4. Eficiencia agronómica, fisiológica y de recuperación de nitrógeno en dos genotipos de pasto guinea en función de fertilización nitrogenada Calceta, Ecuador 2020 | 27 |

CONTENIDO DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 2.1. Capas de suelo | 10 |
| Figura 4.1. Relación entre rendimiento de masa y niveles de fertilización nitrogenada en pasto guinea cv Mombasa Calceta, Ecuador 2020 | 25 |
| Figura 4.2. Relación entre rendimiento de masa seca y niveles de fertilización nitrogenada en pasto guinea cv Zuri Calceta, Ecuador 2020 | 25 |

CONTENIDO DE ANEXOS

| | |
|--|----|
| Anexo 1. Evidencias fotográficas | 36 |
|--|----|

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue evaluar respuesta agronómica y eficiencia de la fertilización nitrogenada de *Megathyrsus maximus* (jacq) b.k.simon & s.w.l.jacobs en el valle del río Carrizal. Se evaluaron tratamientos factoriales de dos genotipos de pasto (Mombasa y Zuri) y cuatro niveles de N (0, 200, 400 y 600 kg ha⁻¹). Las principales variables evaluadas fueron rendimiento de materia seca (MS), eficiencias agronómica, fisiológica y recuperación del N aplicado. El rendimiento de MS fue influenciado significativamente ($p < 0,0001$) por los niveles de N evaluados, independientemente de los cultivares que no influyeron sobre esta variable. El rendimiento de MS se incrementó con las dosis de N en 28, 32 y 36% con 200, 400 y 600 kg ha⁻¹ de N, con respecto a la parcela con omisión de N. El modelo de regresión cuadrática, predijo una reducción del rendimiento en 0.034 y 0.035 kg de MS por kg de N aplicado, a partir de la mayor dosis de N, en los cultivares Mombasa y Zuri, respectivamente. Independientemente de los genotipos evaluados, las mayores eficiencias agronómicas, fisiológicas y de recuperación del nitrógeno aplicado, fue alcanzado con las dosis de 200 y 400 kg de N ha⁻¹. En base a los resultados obtenidos, se puede concluir que bajo las condiciones del valle del río Carrizal, la dosis de 400 kg de N ha⁻¹ se muestra como la mejor alternativa de fertilización nitrogenada en pasto guinea.

Palabras claves: Pasto guinea, Genotipos, fertilización, uso eficiente de N.

ABSTRAC

The objective of the work was to evaluate the agronomic response and efficiency of the nitrogen fertilization of *Megathyrus maximus* (jacq) B.K.Simon & S.W.L. Jacobs in the Carrizal river valley. Factorial treatments of two grass genotypes (Mombasa and Zuri) and four levels of N (0, 200, 400 and 600 kg ha⁻¹) were evaluated. The main variables evaluated were dry matter yield (DM), agronomic and physiological efficiencies and recovery of applied N. The DM yield was significantly influenced ($p < 0.0001$) by the N levels evaluated, independently of the cultivars that did not influence this variable. The DM yield increased with the doses of N in 28, 32 and 36% with 200, 400 and 600 kg ha⁻¹ of N, with respect to the plot with omission of N. The quadratic regression model predicted a yield reduction of 0.034 and 0.035 kg DM per kg of N applied, from the highest dose of N, in the cultivars Mombasa and Zuri, respectively. Regardless of the genotypes evaluated, the highest agronomic, physiological and recovery efficiencies of the applied nitrogen were achieved with the doses of 200 and 400 kg of N ha⁻¹. Based on the results obtained, it can be concluded that under the conditions of the Carrizal river valley, the dose of 400 kg of N ha⁻¹ is shown as the best alternative for nitrogen fertilization in guinea grass.

Keywords: Guinea grass, Genotypes, fertilization, efficient use of N.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el Ecuador la superficie de pastos es mayor que cualquier otro cultivo y representa la principal fuente de alimentación para las especies animales rumiantes que proveen y satisfacen la demanda de alimentación en productos cárnicos y lácteos (León et al., 2019).

De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2013), citado por Rodríguez y Rosado (2021), Manabí es la provincia con mayor área de pastizales de Saboya con 611394 ha y en número de unidades bovinas del país, presenta junto a las demás provincias de la costa la menor producción lechera nacional por el contrario la región sierra produce mayor leche.

Esta problemática puede suceder por la calidad del pasto y la carga animal, ya que en Manabí la carga animal promedio es de 0.98 UBA¹/ha, por el contrario, la provincia de Santo Domingo refleja unos datos entre 1.5 a 2.5 UBA/ha. En Manabí y en el resto de la costa, el pasto Saboya o guinea (*Megathyrus máximum* Jacq.) es el más utilizado con un alrededor del 95%, debido a su mayor resistencia a la sequía (Vera, 2005; INEC, 2013 citado por Rodríguez y Rosado (2021); Castillo, 2015). Es por esto que en Manabí se utiliza esta variedad por la particularidad de la sequía encontrada en esta zona y es por esto la menor producción de leche

En Manabí más del 80% del pasto saboya está establecido con la variedad tradicional que en época seca reduce significativamente su rendimiento en biomasa en alrededor del 50% de su potencial, a diferencia de otras provincias como la de Santo Domingo, existe una gran área de pastizales establecida con pastos mejorados, tales como el BRS Zuri, Mombaza y las Brachiarias que son considerados de mejor calidad nutricional para el ganado bovino (Castillo, 2015).

Es así que, una de las problemáticas que más contribuye a la reducción significativa del rendimiento del pasto saboya, es la escasa o nula inversión en prácticas agrícolas tales como riego y fertilización, pues según datos oficiales solo alrededor del 20% de los pastos reciben riego y fertilización (INEC, 2013 citado por Rodríguez y Rosado, 2021).

Los mismos autores manifiestan que, recientemente en Manabí se ha comenzado a establecer cultivares mejorados de pasto saboya o guinea de origen brasileño, que según información las empresas responsables de los procesos genéticos, estos pastos son altamente demandantes en nitrógeno. Por lo anterior, es necesario realizar estudios de adaptación y respuesta de estos genotipos a la fertilización nitrogenada en condiciones de Manabí.

Con base a la problemática los autores se plantean la siguiente interrogante:

¿Puede el genotipo y las dosis de fertilizantes nitrogenados mejorar la respuesta agronómica y uso eficiente del nitrógeno en pasto saboya?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Dentro del panorama ecuatoriano, el pasto Saboya o guinea representa más del 80% de las áreas cultivadas con pasturas (Izurieta, 2015). El pasto saboya o guinea se caracteriza por ser una especie altamente extractora de N para alcanzar altos rendimientos en biomasa fresca y seca. Actualmente, en el mercado ecuatoriano de semillas se distribuyen nuevos genotipos o plantas comerciales del pasto saboya o guinea altamente productivos tales como el Mombaza y Zuri, en los cuales no se conocen niveles adecuados de fertilización nitrogenada bajo las condiciones locales del valle de río carrizal, dado que la información disponible corresponde en su mayoría a Brasil, que es el país obtentor de estas. En este contexto, con el fin de mejorar el rendimiento de nuevos pastizales que se establezcan con nuevos genotipos, es necesario evaluar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en los cultivares mencionados, para establecer dosis óptimas agronómicas y económicas, que contribuyan a alcanzar alta productividad y rentabilidad de los sistemas ganaderos de la región. Por lo anteriormente expuesto, la investigación propuesta se justifica plenamente.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Valorar la respuesta agronómica y la eficiencia de las dosis de fertilización nitrogenada de dos genotipos de *Megathyrsus maximus* en el valle del río Carrizal, Manabí.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la respuesta agronómica de dos genotipos de *Megathyrsus maximus* a dosis crecientes de nitrógeno en el valle del río Carrizal, Manabí.
- Cuantificar la eficiencia de uso del nitrógeno en dos genotipos de *Megathyrsus maximus* en el valle del río Carrizal, Manabí.

1.4. HIPÓTESIS

- La respuesta agronómica y eficiencia de la fertilización nitrogenada variará con el uso de los cultivares de pasto y dosis de nitrógeno evaluadas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. PASTO SABOYA (*Megathyrsus maximus*)

Es una gramínea perenne y forma macollas, con raíces profundas, éstas se ensanchan en la corona de la planta formando un rizoma corto. Las hojas son largas (120 cm) y anchas (5 cm) y muy bien distribuidas en los tallos, la altura de la planta depende de la variedad, va desde 0,80 hasta más de 2.0 m, tiene resistencia a la sequía, sombra, quema y pisoteo, la proteína bruta oscila entre 10 a 14 % (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2016).

De acuerdo con Izurieta (2015) la pastura está adaptada a climas cálidos, crece en zonas de 0 a 1800 msnm con precipitaciones mayores a 1000 mm anuales, aunque resiste cantidades inferiores. Los suelos deben ser bien drenados, no arcillosos. Su producción media de forraje es de aproximadamente 35 t/ha/año.

Según Pilco (2017) la taxonomía del pasto saboya es la siguiente:

Tabla 2.1. Taxonomía del pasto saboya.

| | |
|-----------|---------------------------|
| Reino | Vegetal |
| División | Embriophyta |
| Clase | Angiosperma |
| Sub clase | Monocotiledónea |
| Orden | Glumiflorae |
| Familia | Gramineae |
| Género | <i>Megathyrsus</i> |
| Especie | <i>M. maximus</i> (Jacq.) |

En el año 2003 el pasto saboya fue renombrado como *Megathyrsus maximus* a partir de su basónimo *Panicum maximus*.

2.2. ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE PASTO SABOYA O GUÍNEA EN EL ECUADOR

Según Milera et al. (2017) *Megathyrsus* es una especie originaria de África del Este (fundamentalmente de Tanzania, Costa de Marfil, Uganda y Kenia). En 1977 se inicia en la Estación Experimental de Pastos y Forrajes “Indio Hatuey” (eepfih) el Programa Nacional de Introducción, Evaluación y Utilización de

Especies Pratenses y Forrajeras, que tuvo entre las principales bases para su elaboración la escasez de gramíneas endémicas o naturalizadas adecuadas para estos fines. No obstante, el programa de mejoramiento genético se centró en *M. máximus*, por su adaptabilidad, producción de MS y aceptación por los animales, entre otros.

El pasto Saboya también tiene buena resistencia al pisoteo y siempre esta aprovechado para pastoreo directo, estas características explican la rápida propagación de esta especie traída al Continente Americano a fines del siglo XVIII. La Saboya tiene un buen desarrollo en zonas menos húmedas que las del pasto Elefante ya que sus raíces no soportan una humedad persistente (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 1981).

Pilco (2017) plantea que la fuente más económica para alimentar a los rumiantes la constituyen las praderas o pastizales, ya sean simples o asociados, lo cual hace que los animales cosechen su propio alimento, fertiliza el campo, así como evita los costos de corte, conservación y acarreo del forraje, limpieza constante de las instalaciones y manejo de grandes cantidades de estiércol. La importancia de los pastos en la conservación de la biodiversidad, la riqueza paisajística, y la aplicación de prácticas sostenibles con el medio ambiente que reduzcan las emisiones de gases de efecto invernadero; y sobre el aprovechamiento de los bancos de germoplasma como una herramienta clave en la adaptación al cambio climático, como fuente de variedades autóctonas que, por su naturaleza, pueden adaptarse mejor a las condiciones climáticas actuales, y ser más resistentes a plagas y enfermedades.

De la misma forma el autor argumenta que *Megathyrsus maximus* es una planta perfectamente adaptada a las condiciones de Cuba, aunque es probable que su potencial de producción se afecte condicionado por los factores del ambiente prevalecientes en esta zona, cuando está sometida a cortes reiterados y no se restituyen los nutrientes que son extraídos en función de la producción de la biomasa. El estudio de las potencialidades agroproductivas de dos cultivares de *Megathyrsus maximus* introducidas en la región oriental de Cuba, en diversas

condiciones edafoclimáticas es de mucha importancia, sobre todo por las grandes expectativas que se han ido creando por su mayor agroproductividad y amplio rango de adaptación a las diferentes regiones climáticas, tolerancia a la sequía y su adaptabilidad a una amplia gama de suelos. Los resultados de mucha utilidad para las diferentes empresas pecuarias de la región donde están extendidas estas especies para el empleo de estos en los balances forrajeros.

En el país, según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC, 2014), el pasto más cultivado en las zonas tropicales es el Saboya con un total de 1.147.091 hectáreas, sobre todo en la Costa y en menor cantidad en el Oriente del Ecuador. Esta variedad de pasto es apta para ser ensilada y al representar el 48.31% de forrajes cultivados a nivel nacional está al alcance de pequeños, medianos y grandes productores, haciendo posible su conservación sin necesidad de invertir en nuevos pastos, siendo económicamente rentable.

En el Ecuador no existen estaciones definidas, pero sí dos condiciones climáticas. Los meses con mayor lluvia en la región Litoral van de diciembre a mayo con un pico desde febrero hasta abril y la época seca va desde mayo a septiembre. Si bien la época seca dura solo cinco meses en la región Litoral, ésta puede ser tan extrema, que no solo disminuye la producción de leche y afecta la condición corporal de los animales, sino que puede ocasionar su muerte por la escasez de alimento, lo que se ha observado sobre todo en la Provincia de Manabí (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], citado por Derichs, 2017).

2.3. ECO-FISIOLOGÍA Y PRODUCCIÓN DE PASTOS

La ecofisiología de las plantas forrajeras comprende el estudio, análisis de información y la construcción de modelos explicativos, sobre el funcionamiento de las plantas presentes en distintos tipos de recursos vegetales, cuyo principal destino es la alimentación animal, por lo cual no sólo son evaluados por su producción “verde” sino que también deben contemplarse los efectos de una cortadora de pasto poco convencional: el animal (especie, categoría, objetivo de

producción, etcétera (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2016).

Por lo consiguiente, el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INATEC, 2016) señala que los principios que regulan la producción de estas plantas son importantes porque ellos no sólo determinan el manejo del recurso forrajero, sino que también afectan directamente a la productividad secundaria, siendo aplicables a distintos sistemas de producción de forraje como pastizales, pasturas, o verdeos. A continuación se detallan:

- **Energía solar.** Los ganaderos son agricultores de pastos, la forrajicultura es el negocio de convertir la energía solar en energía alimenticia. La energía solar es almacenada en las plantas a través de la fotosíntesis, en forma de energía química (carbohidratos, lípidos y proteínas). Estos compuestos alimenticios son utilizados por la propia planta y por los animales a través del forraje y los granos. El 90% del crecimiento de la planta depende de la luz solar y 10% de la humedad y nutrientes del suelo.
- **Aprovechamiento de la energía solar.** El manejo de potreros para optimizar la utilización de la energía solar consiste en tener siempre follaje joven en permanente actividad fotosintética, esto se consigue pastoreando en la fase de crecimiento vegetativo y dejando residuales con partes de hojas verdes de tal manera que no se interrumpa el proceso de fotosíntesis, la pastura maximizará la captación y transformación de energía solar que no tiene ningún costo ni contaminación ambiental.
- **En clima frío** la fotosíntesis es mayor que la respiración, por otra parte, la división y la expansión celular es muy pequeña, entonces los hidratos de carbono solubles se acumulan y dan como resultado un alto contenido de energía fácilmente digerible y una alta digestibilidad de la materia orgánica. Por el contrario, en clima megatérmico al aumentar la temperatura se incrementa la velocidad de todas las reacciones bioquímicas, la de los procesos fisiológicos y la respiración, como consecuencia disminuye el contenido de hidratos de carbono solubles, pero hay más C fijado, más tejido de menor digestibilidad.

- **La temperatura regula las reacciones bioquímicas:** fotosíntesis, respiración, transpiración, absorción de agua y nutrientes, transporte de compuestos, actividad de enzimas, etc. por lo tanto el crecimiento de la planta. La temperatura baja del suelo afecta al comportamiento de las semillas sobre todo a las gramíneas perennes y a las leguminosas como la alfalfa y el loto, de allí que se debe tener precaución de no sembrar en épocas de heladas, puesto que el raigrás anual y el trébol blanco son capaces de germinar a temperaturas más bajas.
- **Filocrono:** es el programa cronológico (Suma Térmica) de desarrollo de una planta. Se puede utilizar para diferenciar fases fenológicas (germinación, plántula, macollamiento, floración, semillación, madurez).
- **Tasa de elongación foliar:** es el incremento en longitud de la lámina foliar en un intervalo de tiempo (cm/día o cm/Cd). La elongación foliar es la principal expresión del crecimiento de una hoja. El ancho foliar presenta normalmente variaciones de menor magnitud. La elongación foliar es altamente sensible a la nutrición nitrogenada.
- **Vida media foliar:** es el tiempo térmico transcurrido desde la aparición de una hoja y el comienzo de la senescencia de esta; en el raigrás perenne 330°C, raigrás anual 350-400°C, cebadilla 515°C, pasto azul 342°C, falaris 644°C y festuca alta 440-500°C. A mayor temperatura la VMF disminuye debido a que el crecimiento y la senescencia se aceleran.

Los pastos tropicales se caracterizan por una elevada producción de MS debido a su alta tasa de crecimiento, resultando en fuentes apropiadas de proteína, energía, minerales, vitaminas y fibra; además, se consideran como alimento funcional, al favorecer la producción de ácido linoleico en la leche de las vacas que lo ingieren. Las plantas tropicales tienen diferente morfología y estructura que las templadas. Estructuralmente tienden a crecer hacia arriba, por lo que requieren de más tejidos de sostén, forman paredes celulares gruesas, hojas rígidas y, por lo tanto, atraviesan un proceso rápido de lignificación, afectando la digestibilidad. Morfológicamente disponen de menor proporción de láminas, lo que disminuye su valor nutricional (Astudillo, 2014).

No hay que olvidar que existen factores imperantes de clima y suelo, que influyen en el crecimiento y desarrollo de los pastizales. Si se toma en cuenta todas esas variables en el ecosistema de producción, se promueve una utilización racional, óptima y estable de los recursos, a un menor costo, que repercute positivamente en la producción comercial y los proyectos de transferencia de tecnología (Saquicela y Goyes, 2018).

2.4. USO EFICIENTE DE NUTRIENTES EN LA AGRICULTURA

Los cultivos necesitan nutrientes para crecer satisfactoriamente y que su producción sea de calidad. Los isótopos contribuyen a mejorar la nutrición de los cultivos y a detectar cultivos bien adaptados a suelos poco fértiles o que aprovechan los nutrientes de una manera eficaz, lo que es fundamental para optimizar el rendimiento y la calidad, y mejorar la resiliencia de los cultivos frente al cambio climático (Organismo Internacional de Energía Atómica [IAEA], 2020).

La Organización de las Naciones Unidas (FAO, 2000) menciona que el suelo debe tener todos los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas, y una estructura que las mantenga firmes y derechas. La estructura del suelo debe asegurar suficiente aire y agua para las raíces de la planta, pero debe evitar el exceso de agua mediante un buen drenaje.

La mayor parte de los nutrientes se reciclan por las raíces de la planta y vuelven al suelo a través de las hojas que caen de la misma. Gusanos, insectos y pequeños organismos como los hongos, alimentan también al suelo con materia orgánica y lo cambian para producir humus, el cual hace que la capa inferior del suelo sea oscura y tenga una buena estructura.

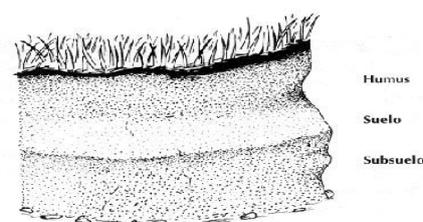


Figura 2.1. Capas de suelo.

Fuente: FAO (2000).

2.5. BALANCE DE NUTRIENTES

De acuerdo con la Sociedad Española de Agricultura Ecológica (SEAE, 2008) el balance de nutrientes resulta de la diferencia entre la cantidad de nutrientes que entran y que salen de un agrosistema o unidad productiva determinado. En general, estos balances se consideran para la capa de suelo explorada por las raíces en periodos anuales.

En resumen, el mismo autor manifiesta que esquemáticamente el balance de nutrientes se refiere a:

Las salidas o extracciones del sistema, constituidas por:

- Las pérdidas por lavado del suelo por las lluvias y los riegos, de los elementos nutritivos que son arrastrados por el agua infiltrada en el suelo hasta profundidades que no pueden alcanzar las raíces o que van a la capa freática y, posteriormente son transportados a los ríos y mares.
- Las pérdidas por la gestión humana podrán reducirse mediante la reincorporación al suelo de los restos de la producción vegetal y animal.

Las entradas o importaciones comprenden:

- La adición de nitrógeno (N), azufre (S) y otros elementos nutritivos disueltos en el agua de las precipitaciones.
- El nitrógeno atmosférico fijado de forma biológica por medio de bacterias (simbióticas o aisladas) y algas cianofíceas del suelo.
- La aportación de elementos nutritivos originados por la meteorización y la disolución de las partículas minerales del suelo.

2.6. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO EN LAS PLANTAS

Según Florencia et al. (2019) comenta que el Nitrógeno (N) es un elemento esencial, considerado un macronutriente, para todos los seres vivos. Además de ser un componente específico de las proteínas, está presente en la mayor parte

de las combinaciones orgánicas de los vegetales. Actualmente está demostrado que es el factor limitante más común del crecimiento de las plantas, y que un deficiente suministro de este nutriente puede provocar notables descensos en la producción vegetal. A su vez, directa o indirectamente, es fuente de las sustancias proteicas que aseguran la nutrición del hombre y de los animales en general. Tanto sus deficiencias como sus excesos en los suelos, tienen gran impacto en la salud y en la productividad de los ecosistemas mundiales.

2.6.1. ABSORCIÓN DE NITRÓGENO EN LA PLANTA

Como se ha comentado anteriormente, las plantas absorben el nitrógeno nítrico. De ahí que muchos agricultores empleen como abonado de fondo nitrógenos de tipo amoniacal o ureico, puesto que se espera de ellos que permanezcan en el suelo el mayor tiempo posible. Otra cosa que no hemos dicho hasta ahora es que este compuesto puede ser absorbido por la planta tanto a nivel radicular (por las raíces, lo más común) como foliar (directa). Sin embargo, lo normal es que la aplicación del nitrógeno se haga por el suelo, tanto en aplicación amoniacal (NH_4^+) como en nítrica (NO_3^-) (Florencia et al., 2019).

2.6.2. IMPORTANCIA DEL NITRÓGENO SEGÚN SUS FUNCIONES PRINCIPALES

Florencia et al. (2019) manifiesta que el nitrógeno es un componente integral de varios compuestos esenciales de las plantas, entre los más importantes se destacan:

- Componente de los aminoácidos, que son las unidades estructurales de las proteínas.
- Componente de moléculas de enzimas, vitaminas, hormonas y ácidos nucleicos.
- Componente de la molécula de clorofila. Además, es esencial en la utilización de los carbohidratos y estimula el crecimiento y desarrollo radicular.

2.6.3. DEFICIENCIA DE NITRÓGENO EN LA PLANTA

Desde el punto de vista de Cruz et al. (2019) cuando la deficiencia de nitrógeno es más severa, las hojas se llegan a poner completamente amarillas y se acaban cayendo de la planta, en las hojas más jóvenes no se suelen observar los síntomas de la clorosis porque el nitrógeno se llega a movilizar desde las hojas más viejas, debido a eso, cuando una planta sufre de esta deficiencia puede tener un color verde brillante en las hojas superiores y amarillento en las hojas inferiores. Si la carencia de nitrógeno evoluciona lentamente, las plantas pueden presentar problemas de crecimiento, es decir, se presentan tallos muy delgados y leñosos, esto se debe a la producción de un exceso de carbohidratos que no se utilizan en la síntesis de aminoácidos o de otros compuestos derivados de nitrógeno

2.6.4. EXCESOS DE NITRÓGENO EN LA PLANTA

Si hemos sido muy valientes aplicando este compuesto en nuestras plantas, éstas presentarán un crecimiento exagerado, mayor desarrollo de brotes y ramas (mayor multiplicación celular), plantas más tiernas (menos lignificadas), retraso de aparición de partes leñosas, retraso en la madurez, etcétera. Por ello, si hay partes «más blandas» en la planta, será más susceptible ante plagas y enfermedades, reducirá el rendimiento de la cosecha, producirá encamado (cereales) o espigado (verduras), será más sensible a la falta de humedad, entre otros (Florencia et al., 2019).

2.7. EXPERIENCIAS DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN PASTOS

El estudio que se realizó en el estado de Sao Paulo ha mostrado respuestas positivas en la hierba de Guinea Mombasa a las tasas crecientes de aplicación de fertilizante N con aumentos en el rendimiento de materia seca y mejora en la calidad. La ausencia de diferencias en las respuestas de urea y nitrato de amonio sugiere que la urea sería la mejor opción de fertilizante debido al menor costo por unidad de N, si se aplica N dado el excelente rendimiento de MS y la

concentración satisfactoria de CP (concentración de proteína) sin N agregado La alta producción de materia seca de estos suelos en el tratamiento no fertilizado con fertilizante N (31.3 t DM / ha) y las concentraciones de PC (Proteína cruda) en forraje producido (9.2-12.1%) (Galindo et al., 2019).

El mismo autor manifiesta que así, las tasas de aplicación de fertilizantes de N superiores a 115 kg de N / ha / corte no pudieron justificarse por las respuestas de rendimiento de MS. Se necesitan más estudios para aclarar la estación óptima para aplicar fertilizante N cuando los recursos son limitados. Se necesitan estudios a más largo plazo para confirmar estos hallazgos y medir las pérdidas de N a la atmósfera, especialmente a las altas tasas de fertilizantes de N para determinar los efectos sobre la liberación de gases de efecto invernadero.

El estudio que se efectuó en México concluye que el nitrógeno presentó un efecto positivo sobre el rendimiento de semilla pura viable y el mayor rendimiento se obtuvo con 100 y 150 kg de N ha⁻¹, respuesta que se atribuyó a un aumento del número de panículas m⁻², longitud y semillas cosechadas por panícula. El máximo rendimiento se obtuvo a los 18 y 22 días después de la antesis, cuando el contenido de materia seca y desgrane de espiguillas osciló entre 48.7 a 55.4 y 33 a 53 %, respectivamente. La germinación de las semillas no fue afectada por el nitrógeno ni por la fecha de cosecha, sin embargo, el valor promedio de 70 %, obtenido en este estudio, puede ser considerado como un porcentaje de germinación excelente (Torres et al., 2001).

2.8. CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÓMICAS DE *Megathyrs maximus* CV. MOMBASA

Carrillo (2017) manifiesta que el pasto Mombaza es de porte alto (1,6 –1,7 m de altura), crecimiento erecto en forma de macolla. Las hojas son erectas con vainas glabras; la inflorescencia de tipo panícula muestra un aspecto lila verdoso debido al color de las espiguillas; los tallos son levemente rojizos (morados) y glabros. Se adapta bien en regiones tropicales desde el nivel del mar hasta los 1300 m de altitud, con temperaturas de 18 a 26 °C, en zonas con precipitaciones de 600 a 4000 mm al año.

La planta crece bien en suelos fértiles, orgánicos y drenados y se adapta a suelos ácidos, Tiene entre 12-16 % de proteína cruda y un 64% de digestibilidad in vitro de la materia seca (MS), determinándose una producción de forraje anual de 30 tMS/ha y 65-85 tMV/ha bajo un programa de fertilización (Bernabé, 2015).

2.9. CARACTERÍSTICAS MORFO-AGRONÓMICAS DE MEGATHYRS US MAXIMUS CV. BRS ZURI

La Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA, 2020) traducido por Multilizer manifiesta que el pasto BRS Zuri es una hierba cubierta de hierba que debe manejarse preferiblemente bajo pastoreo rotativo. Se recomienda que el pasto se maneja con una altura de entrada de 70-75cm y una altura de salida de 30-35cm. El BRS Zuri tiene un tiempo de formación 75 días, además que el hábito de crecimiento es erecto en macolla, tiene una producción de forraje de materia seca que equivale a 2 toneladas/ha/año y una proteína bruta en materia seca del 12 a 14%. El BRS zuri es tolerante a la sequía y tolerancia media de anegamiento, además de adaptarse bien a altitudes de 1800 m nivel del mar.

Por su parte, el autor manifiesta que esta gestión promovió un buen control del desarrollo del tallo y la floración en la amazonia, asegurando el mantenimiento de la estructura del pasto y buenos niveles de producción animal. El pasto zuri tiene una tolerancia moderada a las inundaciones del suelo, similar a Tanzania-1, pero se desarrolló mejor en suelos bien drenados, siendo una opción para la diversificación de pasturas en los biomas del amazonas y cerrado.

CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. LOCALIZACIÓN Y DURACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El experimento se desarrolló desde enero a diciembre de 2020 en el valle del río Carrizal, Manabí, Ecuador. El trabajo se desarrolló en el área convencional de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, ubicada en el sitio “El Limón”, cantón Bolívar, cuyas coordenadas son 0°49’23” Latitud Sur; 80°11’01” Longitud Oeste y una altitud de 15 msnm.

3.2. CARACTERÍSTICAS EDAFOCLIMÁTICAS

De acuerdo con la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí (ESPAM, 2020) las características climáticas son:

| | |
|---------------------|---------------|
| Precipitación anual | 996,7 mm |
| Temperatura máxima | 30,70° C |
| Temperatura mínima | 21,87°C |
| Humedad relativa | 82,23% |
| Heliofanía: | 1043,96 h/sol |

A continuación, en la tabla 3.1 se presentan los resultados del análisis de suelo realizado previo al establecimiento de los ensayos.

Tabla 3.1. Interpretación análisis del suelo.

| Interpretación de análisis de suelo | | | | | |
|-------------------------------------|------------|-------|-------|-------|-------------------|
| Elemento | Unidad | Valor | ESPAM | | |
| | | | Bajo | Medio | Alto |
| NH ₄ | Ppm | 12 | B | | |
| P | | 91 | | | A |
| K | meq/100 mL | 1,81 | | | A |
| Ca | | 17 | | | A |
| Mg | | 5,8 | | | A |
| S | | 5 | B | | |
| Zn | Ppm | 2,3 | | M | |
| Cu | | 7,3 | | | A |
| Fe | | 51 | | | A |
| Mn | | 1,9 | B | | |
| B | | 0,74 | | | M |
| MO | % | 2,5 | M | | |
| Ph | ----- | 6,4 | | | Ligeramente ácido |

3.3. FACTORES EN ESTUDIO

Factor A (cultivares de *Megathyrus maximus*)

- Mombasa
- BRS Zuri

Factor B (dosis de N)

- 200 kg ha⁻¹ año⁻¹
- 400 kg ha⁻¹ año⁻¹
- 600 kg ha⁻¹ año⁻¹

Testigos

- Mombasa con omisión de N
- BSR Zuri con omisión de N

3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

En ensayo se lo estableció bajo un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial A x B + 2 con 8 tratamientos, tres repeticiones y un total de 24 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de parcelas de 9 m², donde el registro de datos se realizó en el m² del centro de la parcela. A continuación, se ilustra el esquema del ANOVA.

Tabla 3.2. Esquema ANOVA.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|-------------------------------------|--------------------|
| Tratamientos | 7 |
| Cultivares | 1 |
| Dosis de N | 2 |
| Interacción cultivares x dosis de N | 2 |
| Dosis de N vs Mombasa sin N | 1 |
| Dosis de N vs Tanzania sin N | 1 |
| Bloques | 2 |
| Error | 14 |
| Total | 23 |

3.5. VARIABLES AGRONÓMICAS

Entre las variables agronómicas se determinaron las siguientes:

- **Número de macollos por metro cuadrado:** se efectuó al momento del corte, para lo cual se utilizó un cuadrante de 1m^2 que fue colocado en el centro de la parcela para proceder a la contabilización del número total de macollos.
- **Peso de materia fresca por metro cuadrado (kg):** se realizó en el periodo de cada corte, donde se registró el peso de la biomasa verde m^2 .
- **Materia seca por metro cuadrado (kg):** se ejecutó al instante de cada corte, donde se verificó el peso de la materia fresca m^2 , luego se tomó una alícuota de 1 kg que fue picada y llevada a laboratorio y colocada en estufa de circulación forzada a $60 - 65^\circ\text{C}$ hasta las 72 horas o alcanzar peso constante, esto según lo recomendado por Da Silva et al. (2009) y Lopes et al. (2014) para pastos Tanzania y Mombasa. Con los datos de masa seca se estimó la producción de materia seca m^2 .
- **Proporción de masa de hojas:** durante el proceso de corte, se seleccionó una alícuota del pasto y se procedió a separar las hojas, tallos y material muerto y por diferencia de peso se expresó en porcentaje de hojas.
- **Proporción de masa de tallos:** al momento del corte, se tomó una alícuota del pasto y se procedió a separar las hojas, tallos y material muerto y por diferencia de peso se expresó en porcentaje de tallos.
- **Rendimiento de materia verde acumulado (t ha^{-1} época lluviosa⁻¹):** se consiguió por la sumatoria total de la biomasa verde obtenida en 1m^2 por los cortes efectuados durante la época lluviosa y por relación se llevó a producción por hectárea.
- **Rendimiento de materia seca acumulado (t ha^{-1} época lluviosa⁻¹):** se obtuvo por la sumatoria total de la biomasa seca obtenida en 1m^2 por los cortes efectuados durante la época lluviosa y por relación se llevó a producción por hectárea.

3.5.1. VARIABLES DE USO EFICIENTE DE N

La eficiencia fue calculada de acuerdo a la metodología descrita por Fixen et al. (2015).

Donde:

RG_{+N} = rendimiento de biomasa ($kg\ ha^{-1}$)

FN = cantidad de N aplicado ($kg\ ha^{-1}$)

- **Eficiencia agronómica (EA) del N aplicado:** que responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se puede producir por cada kg de N aplicado?

EA_N = kg de incremento en biomasa por kg^{-1} de N aplicado

$$EA_N = [(RG_{+N} - RG_{0N})/FN]$$

Donde:

RG_{+N} = es el rendimiento en biomasa con aplicación de N

RG_{0N} = es el rendimiento en biomasa sin aplicación de N

FN = cantidad de N aplicado

- **Eficiencia de recuperación (ER) del N aplicado:** que responde a la pregunta ¿Cuánto de N aplicado fue recuperado y absorbido por el cultivo?

ER_N = Kg de N absorbido kg^{-1} de N aplicado

$$ER_N = (UN_{+N} - UN_{0N})/FN$$

Donde:

UN_{+N} = es el total de N absorbido medido en la biomasa sobre la superficie del suelo en la madurez fisiológica ($kg\ ha^{-1}$) en los lotes que reciben N en la dosis de FN ($kg\ ha^{-1}$)

UN_{0N} = es el total de N absorbido ($kg\ ha^{-1}$) sin adición de N

- **Eficiencia fisiológica (EF) del N aplicado:** responde a la pregunta ¿Cuánto rendimiento adicional se produce por cada kg de N absorbido del fertilizante?

EF_N = kg de incremento en el rendimiento de biomasa kg^{-1} de N absorbido

$$EF_N = (RG_{+N} - RG_{0N}) / (UN_{+N} - UN_{0N}).$$

Donde:

RG_{+N} = es el rendimiento de biomasa de un tratamiento con aplicación de N (kg ha⁻¹)

RG_{0N} = es el rendimiento de biomasa sin aplicación de N (kg ha⁻¹)

UN = es el total de N absorbido (kg ha⁻¹) en los dos tratamientos

3.6. MANEJO DEL CULTIVO

- SIEMBRA

La siembra se realizó de manera directa asperjando las semillas encima del suelo en cantidad de 1.3 g por metro cuadrado. Cabe recalcar que la siembra de las dos variedades de pasto Zuri y Mombasa se ejecutó en el mes de agosto del 2019. Como fuentes de fertilizantes se utilizaron el súper fosfato triple (46% P₂O₅), el muriato de potasio (60% K₂O) y el potasio se aplicó en dosis de 180 kg ha⁻¹. Esto según lo recomendado por Bernal y Espinosa (2003) para rendimientos altos con pastos guineas.

- CORTE DEL PASTO

El corte del pasto se realizó de acuerdo a las recomendaciones para cultivares de pastos guineas descritas por Días (2012) y Batista et al. (2014), dado que son las alturas óptimas recomendase para el consumo animal:

- Para el cultivar Mombasa la altura de corte es de 90 cm con relación al suelo.
- Para el cultivar BRS Zuri la altura de corte es de 90 cm con relación al suelo.

Cabe recalcar, que el primero de enero del 2020 se realizó los procesos de corte de igualación y fertilización nitrogenada para obtener datos idóneos y esperados. El desarrollo de la toma de datos de la tesis comenzó en el mes febrero del presente año.

- FERTILIZACIÓN

El proceso de fertilización del pasto se efectuó tomando en consideración el crecimiento del mismo, es decir, cuando el pasto alcanzaba una altura de 90cm se procedía al corte y posteriormente se fertilizaba dependiendo la dosis de nitrógeno de cada tratamiento.

- CONTROL DE MALEZAS

Antes de la siembra se aplicó glifosato en dosis de 2.5 L ha^{-1} , con la finalidad de eliminar malezas de hoja ancha y angosta. Después de la emergencia del pasto se realizó aplicaciones del herbicida (2,4 D amina + aminopyralid) en dosis de 2.5 L ha^{-1} para el control de arvenses de hoja ancha.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La producción de hojas, tallos y relación hojas-tallos fueron influenciados significativamente ($p < 0.05$) por los cultivares y la fertilización nitrogenada, a pesar de que no se presentó interacción significativa ($p > 0.05$) entre cultivares x nitrógeno para ninguna de estas variables, lo cual indica que sus efectos son independientes. En cuanto a la variable números de macollos por m^2 , fue influenciada significativamente ($p < 0.05$) por la fertilización nitrogenada y variedades, mientras que la interacción cultivares x nitrógeno no afectó significativamente ($p > 0.05$) la producción de macollos presentado en la tabla 4.1.

Tabla 4.1. Variables morfológicas de dos genotipos de pasto guinea o saboya en función de niveles de fertilización nitrogenada. Calceta, Ecuador, 2020.

| Tratamientos | N° de macollos/m ² | Proporción de hojas (%) | Proporción de tallos (%) | Relación Hojas/tallos | |
|---|-------------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|------|
| Efecto de los cultivares | | | | | |
| Mombasa | 230 b | 62.87 a | 37.13 b | 1.74 a | |
| Zuri | 214 a | 58.43 b | 41.57 a | 1.44 b | |
| Efecto de los niveles de N | | | | | |
| 0 kg N ha ⁻¹ | 179 c | 57.46 b | 42.54 a | 1.37 b | |
| 200 kg N ha ⁻¹ | 201 b | 65.89 a | 34.11 b | 1.97 a | |
| 400 kg N ha ⁻¹ | 230 a | 60.79 a | 39.22 b | 1.57 a | |
| 600 kg N ha ⁻¹ | 224 a | 59.46 b | 41.55 a | 1.46 b | |
| Efecto de interacción cultivares x niveles de N | | | | | |
| Mombasa | 0 kg N ha ⁻¹ | 171 | 58.26 | 41.74 | 1.43 |
| | 200 kg N ha ⁻¹ | 197 | 66.36 | 34.58 | 2.04 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 227 | 63.07 | 36.93 | 1.72 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 215 | 63.79 | 36.21 | 1.77 |
| Zuri | 0 kg N ha ⁻¹ | 187 | 56.67 | 43.33 | 1.31 |
| | 200 kg N ha ⁻¹ | 205 | 65.42 | 33.64 | 1.89 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 232 | 58.50 | 41.50 | 1.41 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 233 | 53.12 | 46.88 | 1.15 |
| C.V. % | 5.90 | 6.51 | 10.04 | 16.90 | |
| p-valor ANOVA | | | | | |
| Cultivares | 0.0371* | 0.0155* | 0.0152* | 0.0167* | |
| N | 0.0001** | 0.0109* | 0.0121* | 0.0088* | |
| Cultivares x N | 0.7747 ^{NS} | 0.1772 ^{NS} | 0.1744 ^{NS} | 0.3783 ^{NS} | |

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error; * Significativo al 5% de probabilidades de error; ** Significativo al 1% de probabilidades de error

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

Como se observa en la tabla 4.1 la variedad Mombasa mostró la mayor cantidad de macollos por m^2 , producción de hojas y relación hojas-tallos, con un incremento del 7, 7, y 17%, respectivamente, con relación al cultivar Zuri. Por el contrario, la variedad Zuri reflejó mayor producción de tallos con un incremento del 10% con relación al cultivar Mombasa. Independientemente del cultivo, la mayor cantidad de macollos por m^2 se produjo con la dosis de $400 \text{ kg de N ha}^{-1}$, la mejor producción de hojas fue alcanzada con $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$ y la mayor relación hojas-tallos se logró con $200 \text{ kg de N ha}^{-1}$. La menor proporción de tallos fue alcanzada con los niveles de 200 y $400 \text{ kg de N ha}^{-1}$. Lo anterior indica que la fertilización nitrogenada mejora el macollamiento y la relación hojas/tallos, favoreciendo así una mayor producción de hojas.

Los resultados obtenidos son cercanos a los informados por Gomide et al. (2018), que reportaron mayor producción de macollos por m^2 en el cultivar Zuri, a medida que se incrementó la dosis de nitrógeno. Así mismo, Al-Rifai y Abdul-Raza (2019) reportaron mayor cantidad de macollos por m^2 a medida que se aumentó la dosis de N en pasto Mombasa. Del mismo modo, Filho et al. (2016), reportaron mayor producción de hojas con el incremento de los niveles de nitrógeno en el pasto Mombasa. Así mismo, Hare et al. (2015), informaron que a medida que se incrementan los niveles de N se aumenta la proporción de tallos.

La producción de materia verde y seca fue significativamente ($p < 0.05$) influenciada por los niveles de nitrógeno y variedad de cultivares, mientras que la interacción cultivares x N, no influyeron la producción de masa verde y seca, lo cual indica que sus efectos son independientes. La producción de forraje seco de los cultivares independientemente de la fertilización nitrogenada en promedio fue de $23.57 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$, sin embargo, se destaca que el cultivar Mombasa mostró mayor producción de materia seca en porcentaje, con 22,34% en relación al Zuri con 21,53% como se lo muestra en la tabla 4.2.

Independientemente de los cultivares, la producción de masa seca se incrementó proporcionalmente con los niveles de fertilización, con un incremento del 28, 33 y 26% de forraje seco con 200 , 400 y $600 \text{ kg de N ha}^{-1}$, en relación a la parcela con omisión de N presentado en la tabla 4.2.

Tabla 4.2. Rendimiento de materia verde y seca de dos genotipos de pasto guinea o saboya en función de niveles de fertilización nitrogenada. Calceta, Ecuador, 2020.

| Tratamientos | MV (t ha ⁻¹ año ⁻¹) | MS (t ha ⁻¹ año ⁻¹) | % MS | |
|---|---|---|----------------------|-------|
| Efecto de los cultivares | | | | |
| Mombasa | 105.73 | 23.75 | 22.34 a | |
| Zuri | 107.99 | 23.38 | 21.53 b | |
| Efecto de los niveles de N | | | | |
| 0 kg N ha ⁻¹ | 84.28 a | 17.32 a | 20.54 a | |
| 200 kg N ha ⁻¹ | 107.40 b | 24.00 b | 22.34 b | |
| 400 kg N ha ⁻¹ | 116.95 c | 25.95 c | 22.17 b | |
| 600 kg N ha ⁻¹ | 118.80 c | 27.01 d | 22.69 b | |
| Efecto de interacción cultivares x niveles de N | | | | |
| Mombasa | 0 kg N ha ⁻¹ | 84.72 | 17.81 | 21.02 |
| | 200 kg N ha ⁻¹ | 106.49 | 24.20 | 22.72 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 114.60 | 26.09 | 22.69 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 117.09 | 26.92 | 22.92 |
| Zuri | 0 kg N ha ⁻¹ | 83.83 | 16.82 | 20.05 |
| | 200 kg N ha ⁻¹ | 108.31 | 23.80 | 21.96 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 119.30 | 25.82 | 21.64 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 120.51 | 27.09 | 22.46 |
| C.V. % | 8.61 | 9.89 | 3,45 | |
| p-valor ANOVA | | | | |
| Cultivares | 0.0975 ^{NS} | 0.4966 ^{NS} | 0.0199* | |
| N | 0.0001** | 0.0001** | 0.0011* | |
| Cultivares x N | 0.4673 ^{NS} | 0.8908 ^{NS} | 0.9058 ^{NS} | |

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error; ** Significativo al 1% de probabilidades de error

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas, difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

El modelo de regresión cuadrática aplicada a la producción de forraje seco, muestra un incremento con la fertilización nitrogenada hasta los 400 kg ha⁻¹, sin embargo, a partir de este punto el rendimiento se estabiliza y tiende a disminuir en ambas variedades. Para el caso del cultivar Mombasa se produce un incremento de MS de 35.43 kg por kg de nitrógeno aplicado, mientras que para el genotipo Zuri se produce un incremento de MS de 37.80 kg por kg de N aplicado. Es importante mencionar, que, a partir de la mayor dosis, en el cultivar Mombasa la MS tiende a disminuir 0.034 kg por cada kg de N adicional, por el contrario, el cultivar Zuri presenta una disminución de 0.035 por cada kg de N adicional expuesto en las figuras 4.1 y 4.2.

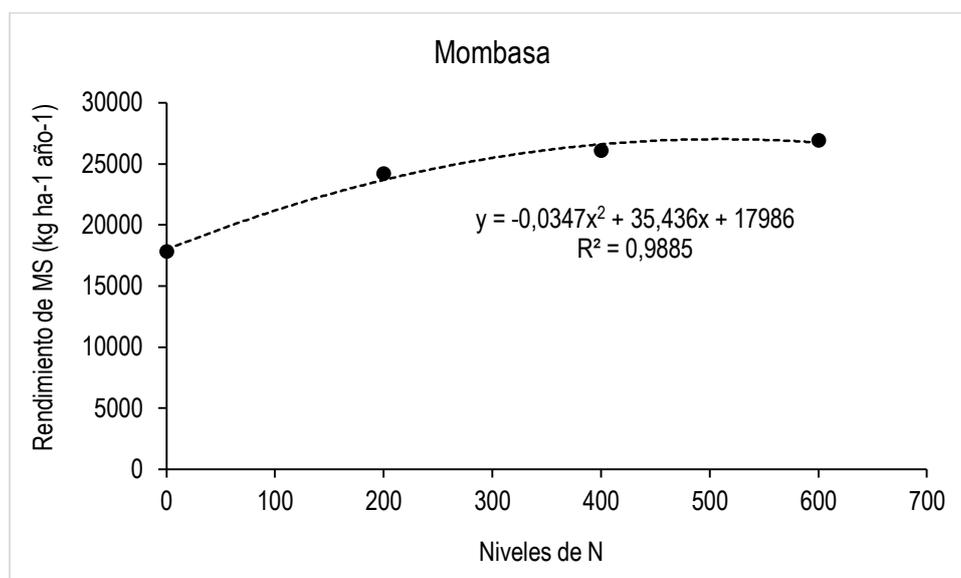


Figura 4.1. Relación entre rendimiento de masa seca y niveles de fertilización nitrogenada en pasto guinea cv. Mombasa. Calceta, Ecuador, 2020.

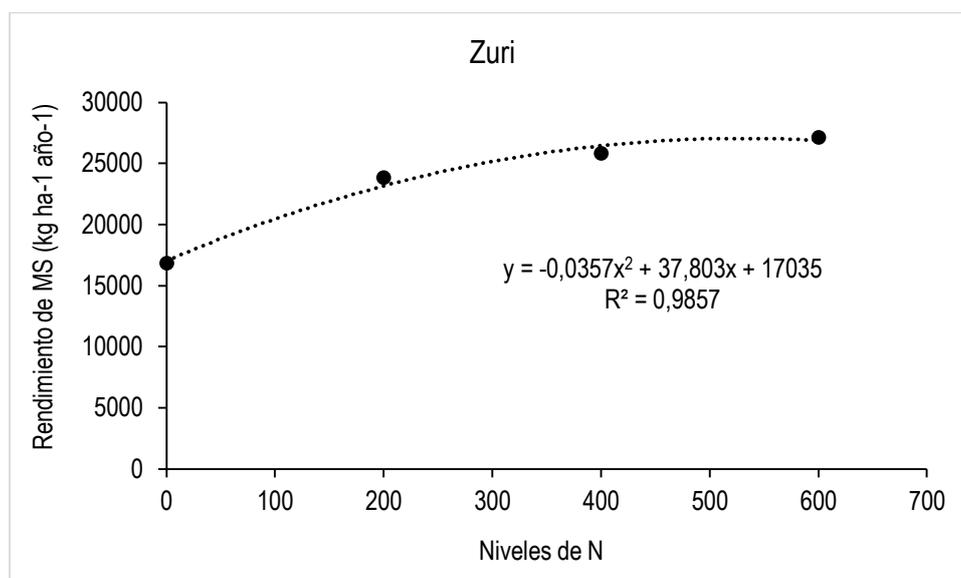


Figura 4.2. Relación entre rendimiento de masa seca y niveles de fertilización nitrogenada en pasto guinea cv. Zuri. Calceta, Ecuador, 2020.

Los resultados de producción de masa verde y seca concuerdan con los encontrados por Buamool y Phakamas (2018), quienes reportaron mayor producción de materia verde con el incremento de los niveles de nitrógeno. En cuanto a producción de materia seca, los resultados guardan similitud con los

reportados por Molina y Porras (2020) quienes obtuvieron incrementos significativos de materia seca con dosis de 200, 400 y 600 kg de N ha⁻¹, en la zona de Santo Domingo de los Tsáchilas.

La fertilización nitrogenada influyó la recuperación de los cultivares Mombasa y Zuri, independientemente de la dosis de nitrógeno utilizada, donde en ambos genotipos la frecuencia de cortes fue de 25 y 60 días para las épocas de lluvia y seca, respectivamente, en comparación a los 36 y 90 días de recuperación en las parcelas de omisión para las épocas lluviosa y seca, respectivamente. Lo anterior indica que la fertilización nitrogenada influye sobre el crecimiento del pasto, al producir más ciclos de corte en ambas épocas demostrado en la tabla 4.3. Los resultados del número de cortes se asemejan a los reportados por Filho et al. (2016) y Molina y Porras (2020) quienes obtuvieron mayores ciclos de cosecha en los tratamientos de fertilización nitrogenada, en contraste a la parcela de omisión en los cultivares Mombasa y Zuri.

Tabla 4.3. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el número de cortes en los cultivares de pasto guinea Mombasa y Zuri. Calceta, Ecuador, 2020

| Niveles de Nitrógeno | Época lluviosa (Enero-Junio) | | Época seca (Julio-Diciembre) | |
|-------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------------------|
| | Nº de cortes | Frecuencia de corte (días) | Nº de cortes | Frecuencia de corte (días) |
| 0 kg ha ⁻¹ | 5 | 36 | 2 | 90 |
| 200 kg ha ⁻¹ | 7 | 25 | 3 | 60 |
| 400 kg ha ⁻¹ | 7 | 25 | 3 | 60 |
| 600 kg ha ⁻¹ | 7 | 25 | 3 | 60 |

Las eficiencias agronómicas (EAN), fisiológicas (EFN) y de recuperación de nitrógeno (ERN) fueron influenciadas significativamente ($p < 0.05$) solo por los niveles de fertilización, mientras que los cultivares y la interacción cultivares x N no influyeron significativamente ($p > 0.05$) las EAN, EFN y ERN. Lo anterior evidencia que el efecto de la fertilización nitrogenada sobre las eficiencias del N, es independiente de los cultivares, lo cual sugiere que las dosis de fertilización probadas promueven el mismo efecto en los cultivares Mombasa y Zuri, donde la dosis de 200 kg de N ha⁻¹, alcanzó los mayores promedios de EAN, AFN y ERN con 33.41, 51.85 y 64.74, respectivamente expuesto en la tabla 4.4.

Tabla 4.4. Eficiencia agronómica, fisiológica y de recuperación de nitrógeno en dos genotipos de pasto guinea en función de niveles de fertilización nitrogenada. Calceta, Ecuador, 2020.

| Tratamientos | EAN (kg de MS kg ⁻¹ de N aplicado) | EFN (kg de MS kg ⁻¹ de N absorbido) | ERN % (kg de N absorbido kg ⁻¹ de N aplicado) | |
|---|---|--|--|----------------------|
| Efecto de los cultivares | | | | |
| Mombasa | 22.60 | 41.42 | 52.96 | |
| Zuri | 24.83 | 45.87 | 53,49 | |
| Efecto de los niveles de N | | | | |
| 200 kg N ha ⁻¹ | 33.41 a ^{1/} | 51.85 a | 64.74 a | |
| 400 kg N ha ⁻¹ | 21.59 b | 41.56 b | 52.13 b | |
| 600 kg N ha ⁻¹ | 16.15 c | 37.53 bc | 42.81 c | |
| Efecto de interacción cultivares x niveles de N | | | | |
| Mombasa | 200 kg N ha ⁻¹ | 31.92 | 49.42 | 64.61 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 20.69 | 39.28 | 52.14 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 15.18 | 35.56 | 42.17 |
| Zuri | 200 kg N ha ⁻¹ | 34.90 | 54.28 | 64.87 |
| | 400 kg N ha ⁻¹ | 22.48 | 43.84 | 52.12 |
| | 600 kg N ha ⁻¹ | 17.12 | 39.49 | 43.47 |
| C.V. % | | 14.01 | 16.31 | 11.88 |
| p-valor ANOVA | | | | |
| Cultivares | | 0.1836 ^{NS} | 0.2142 ^{NS} | 0.8638 ^{NS} |
| N | | 0.0001 ^{**} | 0.0158 [*] | 0.0005 ^{**} |
| Cultivares x N | | 0.9440 ^{NS} | 0.9934 ^{NS} | 0.9809 ^{NS} |

^{NS} No significativo al 5% de probabilidades de error; ^{**} Significativo al 1% de probabilidades de error

^{1/} Medias dentro de columnas con letras distintas difieren estadísticamente de acuerdo al test de Tukey al 5% de probabilidades de error.

Los resultados de eficiencias de N logrados, son cercanos a los alcanzados por Galindo et al. (2017) quienes evaluaron las EAN, EFN y ERN de las dosis 300, 600, 900 y 1200 kg de N ha⁻¹ en el pasto Mombasa en Brasil, donde reportaron que las mayores eficiencias fueron logradas con las menores dosis de fertilización, y que a medida que se incrementan las dosis de N, disminuyen las eficiencias agronómicas, fisiológicas y de recuperación. Similares resultados fueron hallados por Silveira et al. (2017) en otra zona de Brasil.

Posiblemente la disminución de las EAN, EFN y ERN con las dosis de nitrógeno, pueda deberse a que la producción de la materia seca no se incrementa de manera proporcional a como se van incrementando las dosis de nitrógeno. Además, durante el año 2020 las lluvias fueron erráticas en la zona del valle del

río de carrizal, lo cual pudo haber influido en los resultados de uso eficiente de nitrógeno.

Con los resultados obtenidos en producción de materia seca y de las eficiencias del N, se podría sugerir que la dosis de fertilización más adecuada para zona de Calceta estaría alrededor de 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹, sin embargo, cabe resaltar que los resultados obtenidos no son concluyentes, debido a que faltaría validar la información con otras localidades y relacionar la producción de materia seca con las dosis de N, las eficiencias y beneficio económico, mediante ajustes con modelos matemáticos.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- La dosis de 600 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ mostro el mayor rendimiento biológico de forraje, independientemente de los cultivares probados.
- Las dosis de 200 y 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ mostraron las mayores eficiencias agronómicas, fisiológicas y de recuperación del nitrógeno aplicado, independientemente de los cultivares evaluados.

RECOMENDACIONES

- Repetir el experimento en otras localidades del valle del río Carrizal, con la finalidad de ajustar resultados en base a la interacción genotipo-ambiente.
- Aplicar modelos matemáticos basados en rendimiento, beneficio económico, ambiental y eficiencias de uso del nitrógeno, con la finalidad de establecer dosis óptimas agronómicas y económicas de fertilización que puedan ser recomendadas a ganaderos del valle del río Carrizal.
- El tratamiento de 400 kg de N ha⁻¹ año⁻¹ se muestra como la mejor opción agronómica para ser recomendada para la fertilización del pasto guinea o saboya bajo las condiciones edafoclimáticas de Calceta.

BIBLIOGRAFÍA

- Al-Rifai, S. y Abdul-Raza, M. (2019). Effect of planting dates and levels of nitrogen fertilizer in the growth and yield of green and dry forage for guinea grass *Panicum maximum* cv. Mombasa. *Plant Archives* 19 (2): 1499-1503. and morphophysiological responses of *Panicum maximum* Jacq. Cv. BRS. http://plantarchives.org/SPL%20ISSUE%20SUPP%202,2019/262__1499-1503_.pdf.
- Astudillo, H. (2014). *Determinación de la edad y la hora de corte sobre la concentración de carbohidratos solubles en el Panicum maximum (pasto guinea)*. [Tesis de Grado]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.espace.edu.ec/bitstream/123456789/3769/1/17T1237.pdf>
- Batista, V.; Baptaglin, D.; Amorim, R. y Nazareth, N. (2014). Manejo do pastejo de cultivares de *Brachiaria brizantha* (Hochst) Stapf e de *Panicum maximum* Jacq. *Rev. Ceres* 61: 808-818. <https://www.scielo.br/j/rceres/a/D7Ftmmb8BLj9wt4RGxj86MQ/?lang=pt>.
- Bernabé, D. (2015). *Alternativas tecnológicas para la producción de biomasa en el pasto mombaza (Panicum maximum cv.) en manglaralto, santa elena*. [Tesis de grado]. Universidad Estatal Península de Santa Elena, la libertad. Ecuador. <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/2209/1/UPSE-TIA-2015-001.pdf>
- Bernal, J. y Espinosa, J. (2003). *Manual de Nutrición y Fertilización de pastos*. International Plant Nutrition Institute (IPNI). Quito, EC. 94 p.
- Buamool, P.; and Phakamas, N. (2018). Effects of different forms nitrogen fertilizer on growth and yield of four tropical pasture grasses. *International Journal of Agricultural Technology* 14(7): 1065-1076. https://www.researchgate.net/publication/332250761_Effects_of_different_forms_nitrogen_fertilizer_on_growth_and_yield_of_four_tropical_pasture_grasses.
- Carrillo, O. (2017). *Característica Pasto Mombaza (Panicum maximum jacq)*. Costa Rica. http://ofinase.go.cr/wp-content/uploads/2017/09/doctecnica_mombaza.pdf.
- Castillo, M. (2015). *Análisis de la productividad y competitividad de la ganadería de carne en el Litoral Ecuatoriano. Resultados de consultoría para el Centro Latinoamericano para el Desarrollo Rural (RIMISP)*. https://www.rimisp.org/wp-content/files_mf/1437665697GanaderiaCarne_DocResultados_Final_editado.pdf.

- Cruz, D., Peña, E., Vásquez, M y Villegas, C (2019). Nitrógeno: ¿Elemento esencial? Importancia en la Química de los Productos Naturales. México. <http://www.naturalezaytecnologia.com/index.php/nyt/article/view/pdp>.
- Da Silva, K.; Do Nascimento, D.; Carneiro, S.; Batista, V.; De Moura, A. (2009). Características morfogênicas, estruturais e acúmulo de forragem do capim Tanzânia submetido a duas alturas e três intervalos de corte. R. Bras. Zootec. 38(11): 2127-2136. <https://www.scielo.br/j/rbz/a/kxJJ98VRzTjn9vqjPvWMX8j/?lang=pt>.
- Derichs, K. (2017). *Evaluación de diferentes intervalos de corte sobre el rendimiento de materia seca de pasto saboya (Panicum maximum) y la composición química del ensilaje*. [Tesis de Grado]. Universidad Central del Ecuador. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13818/3/T-UCE-0014-052-2017.pdf>.
- Días, M. (2012). Formação e Manejo de Pastagens. Comunicado Técnico 235. Belém, Brasil. 9 p. ISSN 1983-0505. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/68489/1/Oriental-ComTec235.pdf>.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2020). Ministerio de Agricultura, Pecuária e abastecimiento. BRS Zuri, produção e resistência para a pecuária. Brazil. <https://www.embrapa.br/documents/1355008/1528459/Folder+Zuri.pdf/e89a784d-fe75-47ff-8a79-6065f85b8fb5>
- ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecua/ecuarias/espac/espac_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf
- ESPAM (Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí). (2020). Características Edafoclimáticas. <http://www.espam.edu.ec/>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas). (2000). Mejoramiento del suelo. <http://www.fao.org/3/v5290s/v5290s30.htm>.
- Filho, W.; Carneiro, M.; Andrade, A.; Pereira, E.; de Andrade A.; Cândido, M.; Magalhães, J.; Rodrigues, B.; Santos, F. y Costa, N. (2016). Produtividade e composição bromatológica de Panicum maximum cv. Mombaça sob irrigação e adubação azotada. Revista de Ciências Agrárias 39(1): 81-88. <https://revistas.rcaap.pt/rca/article/view/16356>.
- Fixen, P.; Brentrup, F.; Bruulsema, T.; García, F.; Norton, R. and Zingore, S. 2015. Chapter 2: 8 – 38. In: Drechsel, P., Heffer, P., Magen, H., Mikkelsen,

R., Wichelns, D. (Eds.) (2015). *Managing Water and Fertilizer for Sustainable Agricultural Intensification*. International Fertilizer Industry Association (IFA), International Water Management Institute (IWMI), International Plant Nutrition Institute (IPNI), and International Potash Institute (IPI). First edition, Paris, France. Copyright 2015 IFA, IWMI, IPNI and IPI. All rights reserved ISBN 979-10-92366-02-0. http://www.iwmi.cgiar.org/Publications/Books/PDF/managing_water_and_fertilizer_for_sustainable_agricultural_intensification.pdf.

Florencia, M., Plasencia, A., Corbella, R., Guevara, D., Agustín, S., Sosa, F y Fernandez, J (2019). El nitrógeno del suelo. Facultad de Agronomía y Zootecnia Universidad Nacional de Tucumán. Ecuador. <https://www.edafologia.org/app/download/7953478176/El%2Bnitrogeno%2Bdel%2Bsuelo%2B2019.pdf%3Ft%3D1563476239+%&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=ec>.

Galindo, F., Buzetti, S., Teixeira, M., & Dupas, E. (2019). Tasas y fuentes de aplicación de fertilizante nitrogenado en rendimiento y calidad de *Panicum maximum* cv. Mombasa. *Research Papers*, 72. https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-34292019000200067&script=sci_arttex.

Galindo, F.; Buzetti, S.; Teixeira, M.; Dupas, E.; Ludkiewicz, M. (2017). Application of different nitrogen doses to increase nitrogen efficiency in Mombasa guinegrass (*Panicum maximum* cv. mombasa) at dry and rainy seasons. *Australian Journal of Crops Science* 11(12):1657-1664. https://www.researchgate.net/publication/322056381_Application_of_different_nitrogen_doses_to_increase_nitrogen_efficiency_in_Mombasa_guinegrass_Panicum_maximum_cv_mombasa_at_dry_and_rainy_seasons

Gomide, C.; Paciullo, D.; Morenz, M.; Costa, I. and Lanzoni, C. (2018). *Productive Grassland Science*. 2019: 1-8.

Hare, M.; Phengphet, S.; Songsiri, T. and Sutin, N. (2015). Tropical Grasslands – Forrajes Tropicales (3): 27–33. <https://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/263/165>.

IAEA (Organismo Internacional de Energía Atómica). (2020). *Nutrición de los cultivos*. España. <https://www.iaea.org/es/temas/nutricion-de-cultivos>.

INATEC (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). (2016). *Ecofisiología de plantas forrajeras*. https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Manual_de_Pastos_y_Forrajes.pdf.

Izurieta, W. (2015). *Determinación del rendimiento forrajero y valor nutritivo del Pasto Saboya (Panicum maximum Jacq.) sujeto a cuatro frecuencias de*

corte durante la época seca en Quevedo. [Trabajo de Titulación]. Escuela Superior Politécnica del Litoral. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4615/1/PIM-000089.pdf>.

León, R., Bonifaz, N., y Gutiérrez, F. (2019). Pastos y forrajes del Ecuador. Universidad Politécnica Salesiana. <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=13282081>.

Lopes, T.; Gontijo, I.; Suzart, M. y Vaz, F. (2014). Fontes e doses de nitrogênio e alterações nos atributos químicos de um latossolo cultivado com capim-mombaça. *R. Bras. Ci. Solo.* 38:840-849. <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/VCPDGjs6BnJLwHprXwcf4cf/?lang=pt>.

MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1981). *Estudio sobre la productividad del pasto saboya en la costa ecuatoriana.* https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers11-02/01775.pdf.

Milera, M; Alonso, O; Machado, H y Machado, R. (2017). *Megathyrus maximus.* Resultados científicos y potencialidades ante el cambio climático en el trópico. *Avances en Investigación Agropecuaria.* <http://www.uco.mx/revaia/portal/pdf/2017/sept/4.pdf>.

Molina, F y Porras, B. (2020). *Respuesta agronómica y eficiencia de la fertilización nitrogenada de dos cultivares de Megathyrus maximus en el Carmen Manabí* [Tesis de grado]. Instituto Superior Tecnológico Calazcón, p. 28.

Pilco, L. (2017). *Comportamiento Agronómico y composición química de variedades de Brachiarias y Megathyrus maximus.* [Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Agrónomo]. Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4615/1/PIM-000089.pdf>

Rodríguez, J y Rosado, A. (2021). Efecto combinado de una fertilizante mineral y un bioestimulante sobre la producción de forraje verde hidropónico. <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1424/1/TTA11D.pdf>.

Saquicela, R y Goyes, F. (2018). Fertilización y producción de pastos del género Pennisetum en Santo Domingo, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* p. 2-12. https://www.researchgate.net/profile/Frank_Goyes/publication/3271038f51_Fertilizacion_y_produccion_de_pastos_d_del_genero_Pennisetum_en_Santo_Domingo_Ecuador/links/5b7894cb299bf1d5a7149fa0/Fertilizacion-y-produccion-de-pastos-del-genero-Pennisetum-en-Santo-Domingo-Ecuador.pdf.

SEAE (Sociedad Española de Agricultura Ecológica). (2008). La fertilización y el balance de nutrientes en sistemas agroecológicos. <https://www>

.agroecologia.net/recursos/publicaciones/manuales-tecnicos/manual-fertilizacion-fpomares.pdf.

- Silveira, A.; dos Santos, A.; Dias, M.; Dias, MO. and Martins, N. (2017). Productive efficiency of mombasa grass in silvopastoral system under pasture deferment and nitrogen fertilizer. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, 38(5): 3307-3318. https://www.researchgate.net/publication/320342587_Productive_efficiency_of_mombasa_grass_in_silvopastoral_system_under_pasture_deferment_and_nitrogen_fertilizer.
- Torres, J., Hernández, A., Pérez, J., Herrera, J., García, G & Trejo, C. (2001). Efecto del nitrógeno y fecha de cosecha sobre el rendimiento y calidad de semilla de pasto guinea. *Research gate*, vol 39. https://www.researchgate.net/publication/26476606_Efecto_del_nitrogeno_y_fecha_de_cosecha_sobre_el_rendimiento_y_calidad_de_semilla_de_pastoguinea.
- Vera, R. (2005). Perfiles por país del recurso Pastura/Forraje. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Quito, EC. 20 p. <https://docplayer.es/6123393-Perfiles-por-pais-del-recurso-pastura-forraje-ecuador-por-dr-raul-vera.html>

ANEXOS

ANEXO 1 (EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS)



Foto 1. Crecimiento del pasto.



Foto 2. Día de corte de las variedades que alcanzaban una altura de 90 cm con relación al suelo.



Foto 3. Fertilización dependiendo la dosis de nitrógeno de cada tratamiento.



Foto 4. Control de malezas.