



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

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

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE
PASTO GUINEA SOMETIDOS A ESTRÉS HÍDRICO**

AUTORES:

CARBO PACHECO GEMA JOSSENKA

CEDEÑO GANCHOZO ALVARO JOEL

TUTOR:

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. M.Sc.

CALCETA, FEBRERO 2023

DECLARACION DE AUTORIA

Carbo Pacheco Gema Jossenka, con cédula de ciudadanía 1313774414, y Cedeño Ganchozo Álvaro Joel, con cédula de ciudadanía 1314558824, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE PASTO GUINEA SOMETIDOS A ESTRÉS HÍDRICO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



GEMA JOSSENKA CARBO PACHECO

CC: 1313774414



ÁLVARO JOEL CEDEÑO GANCHOZO

CC: 1314558824

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Carbo Pacheco Gema Jossenka, con cédula de ciudadanía 1313774414, y Cedeño Ganchozo Álvaro Joel, con cédula de ciudadanía 1314558824, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE PASTO GUINEA SOMETIDOS A ESTRÉS HÍDRICO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



GEMA JOSSENKA CARBO PACHECO
CC: 1313774414



ALVARO JOEL CEDEÑO GANCHOZO
CC: 1314558824

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. GALO CEDEÑO GARCÍA. M.Sc., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE PASTO GUINEA SOMETIDOS A ESTRÉS HÍDRICO**, que ha sido desarrollado por **CARBO PACHECO GEMA JOSSENKA** y **CEDEÑO GANCHOZO ÁLVARO JOEL**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo con el **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. GALO ALEXANDER CEDEÑO GARCÍA.
Mg.Sc.

CC: 1311956831

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **TASA DE CRECIMIENTO Y RENDIMIENTO DE GENOTIPOS DE PASTO GUINEA SOMETIDOS A ESTRÉS HÍDRICO**, que ha sido desarrollado por **CARBO PACHECO GEMA JOSSENKA** y **CEDEÑO GANCHOZO ÁLVARO JOEL**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ING. LENIN VERA MONTENEGRO Ph.D.

CC:1309126462

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ING. JOSÉ LIZARDO REYNA
BOWEN Ph.D.**

CC: 1309899407

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

**ING. ANGEL FROWEN CEDEÑO
SACÓN Mg.Sc.**

CC: 1310353121

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por darnos la vida, por estar tener buena salud y estar hoy dando este gran paso de ser unos profesionales.

A nuestros padres y demás familiares, que con sus palabras apoyo y motivación fueron parte fundamental en este camino del conocimiento.

A los docentes que con sus enseñanzas aportaron generosamente conocimientos y entusiasmo en nosotros; y que nos enseñaron cada día como ser jóvenes que amen lo que hacen.

A nuestros amigos, que siempre nos brindaron una mano, a la Ing. Geoconda López por la ayuda y la amistad brindada en todo este proceso.

A nuestro tutor el Ing. Galo Cedeño por el apoyo, por la paciencia y por guiarnos en el transcurso de esta investigación.

GEMA JOSSENKA CARBO PACHECO

ÁLVARO JOEL CEDEÑO GANCHOZO

DEDICATORIA

A Dios por darme a los mejores padres Irene B. Pacheco Moreira y Daniel M. Carbo Pazmiño, por darme la vida, enseñarme buenos valores, brindarme día a día las ganas de aprender, a tomar decisiones, por sus consejos, su tolerancia.

A mis mejores amigos y hermanos, que a pesar de tener diferencias siempre están ahí para mí y así hacer posible el logro de un nuevo reto en mi vida, y con la bendición de Dios poco a poco todas las metas que me he planteado se cumplan.

A mis amigos, mis demás familiares y allegados que siempre me aconsejaron y me apoyaron es esta meta que es la de ser una profesional.

GEMA JOSSENKA CARBO PACHECO

DEDICATORIA

A Dios por darme la fuerza de nunca rendirme y guiarme por el mejor camino.

A mi esposa por ser mi mejor compañía, por brindarme de manera incondicional su cariño, comprensión y amor, por apoyarme y estar ahí en todos los momentos de dificultad y adversidad ya que, gracias a sus palabras de apoyo y motivación contribuyeron y formaron parte de mi crecimiento académico y de vida.

A mis padres y abuelos por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, ya que con sus enseñanzas he aprendido a luchar por mis sueños y nunca rendirme.

A mis suegros y familiares de mi esposa por apoyarme en los momentos de lucha e incentivarme para no desistir de mis estudios y poder llegar a cumplir mi sueño de ser un profesional.

Agradezco a mis familiares, amigos y conocidos que por el camino me supieron dar su mano.

ÁLVARO JOEL CEDEÑO GANCHOZO

CONTENIDO GENERAL

CARATULA	i
DECLARACION DE AUTORIA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO GENERAL.....	ix
CONTENIDO DE TABLAS.....	xi
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 JUSTIFICACIÓN	3
1.3 OBJETIVOS.....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1 IMPORTANCIA DEL PASTO A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL.....	6
2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO	6
2.2.1 PRADERAS.....	6

2.2.2	PASTURAS.....	6
2.2.3	RASTROJOS	6
2.2.4	CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA.....	6
2.2.5	CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE.....	7
2.2.6	ADAPTACIÓN.....	8
2.2.7	RASGOS FISIOLÓGICOS.....	8
2.2.8	ÓRGANOS VEGETATIVOS	8
2.3	ECOFISIOLOGÍA DE LOS PASTOS C4	9
2.4	ESTRÉS HÍDRICO EN LOS PASTOS.....	11
2.5	GENOTIPOS DE PASTOS TOLERANTES A ESTRÉS HÍDRICOS	12
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO		13
3.1.	UBICACIÓN.....	13
3.2.	DURACIÓN.....	13
3.3	MÉTODOS Y TÉCNICAS.....	13
3.3.1	MATERIAL VEGETAL.....	13
3.3.2	FACTORES EN ESTUDIO.....	14
3.4.	DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	14
ESQUEMA DEL ADEVA		15
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		18
4.1	RESULTADOS.....	20
4.2	DISCUSIÓN.....	27
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		27
5.1	CONCLUSIONES	27
5.2.	RECOMENDACIONES	27
BIBLIOGRAFÍA.....		28
ANEXOS.....		33

CONTENIDO DE TABLAS

TABLA 1.....	20
TABLA 2.....	21
TABLA 3	22
TABLA 4.....	24
TABLA 5.....	25

CONTENIDO DE FIGURAS

FIGURA 1.....	26
FIGURA 2.....	27

RESUMEN

El objetivo principal del trabajo fue evaluar la tasa crecimiento y rendimiento de genotipos de pasto guinea sometidos a estrés hídrico. Los tratamientos se conformaron de tres genotipos (Mombaza, Zuri y Criollo) y cuatro estados de estrés hídrico que fueron E1 (estrés hídrico hasta que las plantas presenten marchitez de las hojas y después riego normal), E2 (estrés hídrico hasta que las plantas presenten amarillamiento en el 50% del follaje y después riego normal), E3 (estrés hídrico hasta que las plantas paralicen el crecimiento y después riego normal) y E4 (riego a capacidad de campo durante todo el ciclo del experimento). Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial A x B, con 12 tratamientos, tres réplicas y 36 unidades experimentales. Las principales variables registradas fueron peso seco de planta (PSP), número de macollos (NM), área foliar (AF) y ritmo de crecimiento diario (RCD). Los datos fueron analizados a través del ANOVA y la separación de medias con prueba de Tukey ($\alpha \leq 0.05$). Los resultados detectaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para los factores genotipo y estados de estrés, mientras que la interacción genotipos x estados de estrés hídrico no fue influenciada estadísticamente ($p > 0.05$) por los tratamientos evaluados. El genotipo criollo fue más tolerante al estrés hídrico con relación a los genotipos Mombaza y Zuri, presentado mejores RCD, NM, AF y PSP bajo estas condiciones. Por el contrario, los cultivares Mombaza y Zuri bajo condiciones de riego muestran mayor RCD, NM, AF y PSP en contraste a cultivar Criollo. Independientemente del cultivar, el tratamiento con riego normal (E4) logró los mayores promedios de RCD, NM, AF y PSP, seguidos por el estado de agobio hídrico menos severo (E1). Por el contrario, los estados de agobio hídrico más intensos (E2 y E3) fueron más afectados por el déficit de humedad del suelo, presentando los menores promedios de RCD, NM, AF y PSP.

PALABRAS CLAVE: *Megathyrsus maximus*, cultivares, agobio hídrico, crecimiento, productividad

ABSTRACT

The main objective of the work was to evaluate the growth rate and yield of guinea grass genotypes subjected to water stress. The treatments were made up of three genotypes (Mombaza, Zuri and Criollo) and four states of water stress that were E1 (water stress until the plants show leaf wilting and then normal irrigation), E2 (water stress until the plants show yellowing in 50% of the foliage and then normal watering), E3 (hydric stress until the plants stop growing and then normal watering) and E4 (irrigation at field capacity throughout the experiment cycle). A completely randomized design was used with an A x B factorial arrangement, with 12 treatments, three replicates and 36 experimental units. The main variables recorded were plant dry weight (PDW), number of tillers (NT), leaf area (LA) and daily growth rate (DGR). The data were analyzed through ANOVA and the separation of means with Tukey's test ($\alpha \leq 0.05$). The results detected significant statistical differences ($p < 0.05$) for the factors genotype and stress states, while the interaction between genotypes x water stress states was not statistically influenced ($p > 0.05$) by the evaluated treatments. The Criollo genotype was more tolerant to water stress in relation to the Mombaza and Zuri genotypes, presenting better PDW, NT, LA and DGR under these conditions. On the contrary, the Mombaza and Zuri cultivars under irrigation conditions show higher PDW, NT, LA and DGR in contrast to the Criollo cultivar. Regardless of the cultivar, the treatment with normal irrigation (E4) achieved the highest averages of PDW, NT, LA and DGR, followed by the state of less severe water stress (E1). On the contrary, the most intense water stress states (E2 and E3) were more affected by the soil moisture deficit, presenting the lowest averages for PDW, NT, LA and DGR.

KEY WORDS: *Megathyrsus maximus*, cultivars, water stress, growth, productivity

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Ecuador cuenta con una superficie promedio de 2.910.000 hectáreas de pastizales, de las cuales el 68.67% son pastos cultivados y el resto pastizales naturales. La mayor superficie de pasto cultivado se encuentra en la región costa, siendo Manabí la provincia con mayor área pastizal (Bonifaz, León & Gutiérrez, 2018) ;(Instituto Nacional de Estadísticas y Censos INEC, 2020a). El pasto guinea (*Megathyrus maximus*) cubre la mayor área con el 40.1%, dado que es apreciado por su mayor tolerancia a sequía. Además, existe un área de siembra importante de pastos mixtos, miel, Brachiarias y otros con el 23.4, 21.1, 8.0 y 7.4%, respectivamente. En zonas bajas, predomina hasta un 5% del área con especies de pasto estrella (Bonifaz, León y Gutiérrez, 2018) ;(INEC, 2020a).

En Manabí, más del 90% del área de pasto se encuentra establecida con variedades tradicionales, que durante la época seca el rendimiento de materia verde se reduce significativamente. Por otra parte, únicamente el 9% de la superficie de pasto cultivado recibe riego complementario, lo cual asociado a una larga temporada seca son indicativos de la baja productividad (Thielen, Cevallos, Erazo, Zurita, Figueroa, Velásquez, Matute, Quintero & Puche, 2016); (Pérez, Navarro, Rojas & Sosa del Castillo, 2018); (INEC, 2020b).

En este sentido, considerando que la baja productividad de los pastos en seco, puede atribuirse a la falta de agua y a la escasa disponibilidad de materiales genéticos tolerantes a sequía, dificulta la adecuada alimentación del ganado durante la época seca, se vuelve imprescindible desarrollar y validar nuevos materiales genéticos con mejores posibilidades de afrontar los retos del cambio climático, y entre ellos la tolerancia a estrés hídrico (Ramírez, Zambrano, Campuzano, Verdecia, Chacón, Arceo, Labrada & Uvidia, 2017); (Álvarez, 2019).

Recientes estudios conducidos en Cuba, Colombia y Ecuador, han evidenciado el gran potencial de producción de varios cultivares de pastos tropicales bajo condiciones de secano, por lo que evaluar la tolerancia a sequía con fines de selección y adaptación a las condiciones locales, es la forma más económicamente eficiente de mejorar la producción ganadera tropical (Milera, Amaro, Machado & Machado, 2017); (Tapia, Atencio, Mejía, Paternina & Cadena, 2019); (Méndez, Reyes, Luna & Verdecia, 2019).

Acosta, (2021); citando a Andrade, (2015) nos dice que el problema central en cuanto a la alimentación del ganado; es la baja rentabilidad en la producción, esto se debe a que no se ha manejado el sistema como una actividad rentable, debido a que los pastos no son considerados como un cultivo y el manejo que reciben las animales no son técnicamente los más apropiados. La iniciativa principal para realizar esta investigación es tener un mejoramiento de la cobertura vegetal utilizando especies de pasto que se adapten a la zona.

El objetivo 12 de La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, propone; que para lograr una gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales es necesario adoptar un enfoque sistémico y lograr la cooperación entre los participantes de la cadena de suministro, desde el productor hasta el consumidor final. De aquí a 2030, asegurar la sostenibilidad de los sistemas de producción de alimentos y aplicar prácticas agrícolas resilientes que aumenten la productividad y la producción, contribuyan al mantenimiento de los ecosistemas, fortalezcan la capacidad de adaptación al cambio climático, los fenómenos meteorológicos extremos, las sequías, las inundaciones y otros desastres, y mejoren progresivamente la calidad de la tierra y el suelo (Naciones Unidas, 2018).

Con los antecedentes descritos, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿El estrés hídrico, influye en la tasa de crecimiento y rendimiento de los genotipos de pasto guinea?

1.2 JUSTIFICACIÓN

Actualmente, la producción ganadera en el Ecuador bajo sistemas de secano se encuentra seriamente amenazada por el cambio climático, dada la concurrencia severa de épocas secas más prolongadas, que reducen el potencial productivo de los pastos. En la provincia de Manabí, por ejemplo, la ganadería y la agricultura presentan problemas, por los pastizales secos y la escasez de agua para regar los cultivos. Los cantones manabitas Pedernales, Jama, Chone, Flavio Alfaro, Puerto López y Paján son los más afectados por este déficit.

La época seca prolongada perjudica la alimentación del ganado al reducir marcadamente la productividad y la calidad del pasto, más aún en Manabí donde las estadísticas oficiales reportan un hato de más de 900 000 reses y 600 000 hectáreas de pastizales, según la última encuesta (Espac 2019 del INEC). En este contexto, la evaluación de nuevos genotipos de pastos tolerantes a sequía, está siendo ampliamente estudiada con fines de seleccionar cultivares adaptados a zonas de secano.

Actualmente, se pueden encontrar un sinnúmero de cultivares de pastos reciente introducidos con caracteres de tolerancia a sequía, los cuales no han sido evaluados y validados experimentalmente de una forma adecuada a nivel local, situación que no permite generar dominios de recomendaciones a productores ganaderos con el fin de incrementar la productividad y rentabilidad de la ganadería tropical. Bajo esta premisa, la presente propuesta de investigación se justifica plenamente.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la tasa crecimiento y rendimiento de genotipos de pasto guinea sometidos a estrés hídrico.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar el efecto de varios periodos de restricción hídrica sobre las tasas de crecimiento de tres genotipos de pasto guinea.
- ✓ Cuantificar el efecto de varios periodos de restricción hídrica sobre el rendimiento de materia seca de tres genotipos de pasto guinea.

1.4. HIPÓTESIS

Los diferentes genotipos de pasto guinea presentan mayor tasa de crecimiento y rendimiento bajo condiciones de estrés hídrico en relación a genotipos habituales.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DEL PASTO A NIVEL GLOBAL, REGIONAL Y LOCAL.

Las pasturas son ecosistemas antropizados que ofrecen recursos alimenticios de bajo costo, principalmente para la alimentación de rumiantes, siendo la base para la producción y los medios de vida en muchas zonas rurales del mundo. La producción basada en pasturas tiene importancia por las implicaciones sociales, ambientales y económicas; es reconocida desde el momento en que el hombre domesticó los animales (Delgado; Ocana & Rojas, 2019).

Los pastizales se encuentran en todos los continentes no cubiertos de hielo, éstos forman la mayor parte de África y Asia, se desarrollan en áreas en las cuales los cultivos están limitados por humedad, fertilidad, pH o por ser muy distantes a los centros urbanos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), (2018), Las cifras actuales estiman que el 26% de la superficie terrestre mundial y el 70% de la superficie agrícola mundial están cubiertos por praderas, que contribuyen a la subsistencia de más de 800 millones de personas, son una fuente importante de alimentación para el ganado, un hábitat para la flora y fauna silvestres, proporciona protección al medio ambiente, almacenamiento de carbono y agua y la conservación in situ de recursos fitogenéticos.

En el Ecuador la superficie de pastos es mayor que la de cualquier otro cultivo. La Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continúa ESPAC, (2014) del INEC, indica que la superficie con labor agropecuaria fue de 5381 383 hectáreas y dentro de esta superficie, los pastos cultivados representan el 42% y los pastos naturales el 15,4%. Los principales pastos del Ecuador, por superficie son: Saboya con 1 147 091 ha, otros pastos 639 915 ha, pasto miel 182 532 ha, gramalote 167 519 ha, Brachiarias 132 973 ha y raigrás 104 475 ha. La superficie nacional con pastos, a la Región Costa le corresponde el 56,64%, a la Región Sierra el 28,43% y a la Región Oriental y Zonas no Delimitadas el 14,94%

2.2 GENERALIDADES DEL CULTIVO

Al pastizal se lo define como un ecosistema capaz de producir tejido vegetal utilizable, por herbívoros de la fauna silvestre y especies de ganado doméstico de importancia económica. Estos comprenden los ecosistemas de praderas, de pasturas y rastrojos (Zari, 2014).

2.2.1 PRADERAS

Son pastizales donde predominan los elementos provenientes del sistema natural (pradera nativa), y no son roturados regularmente. Es un área en el cual el clímax (potencial natural) de la comunidad de plantas presentes, esta principalmente compuesta por; Gramíneas (poaceas), leguminosas, arbustos, graminoideas (pseudo pastos), etc.

2.2.2 PASTURAS

Son pasturas con poblaciones coetáneas, establecidas artificialmente, roturadas y sembradas en forma regular a menudo alternadas en forma intermitente con cultivos. En estos procesos de la actividad antrópica, es común enfrentar los efectos de la sucesión expresada básicamente en la presencia y competencia de malas hierbas y arbustos, con los pastos y forrajes sembrados.

2.2.3 RASTROJOS

Son pastizales que comprenden los residuos y subproductos de los diferentes cultivos.

2.2.4 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA

Las gramíneas son plantas monocotiledóneas con espiga de flor poco vistosa, frutos harinosos reducidos a simples granos, tallos herbáceos y cilíndricos, raíces adventicias y hojas alargadas con nervaduras paralelas.

Nombre común:	Hoja fina, pasto guineo, etc.
----------------------	-------------------------------

Tribu:	Paniceas
Nombre científico:	<i>Panicum máximum</i>
Origen:	África tropical
Reino:	Plantae
Orden:	<i>Cyperales</i>
Tribu:	Paniceae
Longevidad:	Perenne
Familia:	Poaceae
Género:	<i>Panicum</i>
Especie	<i>P. máximum</i>

Fuente: Guía técnica del Pasto Guinea. Autor: Invesa, 2020

2.2.5 CARACTERÍSTICAS DE LA ESPECIE

Planta perenne, forma macollas, alcanza hasta 3 m de altura y de 1 a 1,5 m de diámetro de la macolla, raíces fibrosas, largas y nudosas, ocasionalmente tiene rizomas, tallos erectos y ascendentes con una vena central pronunciada. Hojas con limbo plano o plegado; vaina pubescente; lígula membranosa, corta, truncada, largamente ciliada. Su inflorescencia se presenta en forma de panoja abierta de 12 a 40 cm de largo. Espiguillas cortamente pedunculadas, con flor inferior estéril o masculina y superior hermafrodita (Invesa,2020)

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL PASTO GUINEA

Ciclo vegetativo	Perenne, persistente
Adaptación	pH 5.0 – 8.0
Fertilidad del suelo	Media alta
Drenaje	Buen drenaje m.s.n.m. 0 – 1500m
Precipitación	1000 a 3500 mm
Densidad de siembra	6 – 8 kg/ha
Profundidad de siembra	Sobre el suelo, ligeramente tapada
Valor nutritivo	Proteína 10 – 14%

Digestibilidad	60 – 70%
Utilización	Pastoril, corte y acarreo, barreras vivas

Fuente: Especies Forrajeras Multipropósitos. Autores: Aragón López, E y Morales Sánchez, M, 2020

2.2.6 ADAPTACIÓN

Se puede establecer en suelos bien drenados, PH de 5.0 a 7.5. Alturas entre 0 – 1600 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar). Temperatura de 18 a 27°C Precipitaciones anuales entre 800 – 2500 mm (milímetros) y tolera sequía (González,2019).

2.2.7 RASGOS FISIOLÓGICOS

Se desarrolla durante los meses más cálidos en que la temperatura excede los 40°C y la temperatura de los meses más fríos no desciende de los 17°C (FAO, s. f.). El exceso de humedad puede provocar un desarrollo anormal del follaje y de los rizomas presentándose pudrimiento general de la planta. El requerimiento de agua durante el periodo vegetativo es de 800 a 1200 mm (FAO, s. f.). Su sistema radicular es profundo y fibroso y tiene alguna tolerancia a la sequía, pero no la suficiente para resistir temporadas secas largas. El pasto guinea está adaptado a una amplia gama de suelos, pero se comporta mejor en lo que están bien drenados de mediana a alta fertilidad (Corpas & González, 2011, p. 27).

2.2.8 ÓRGANOS VEGETATIVOS

- ORIGEN DE LAS HOJAS

Los pastos continúan su crecimiento antes y después de cada defoliación, gracias a que las zonas meristemáticas están cerca de la superficie del suelo. El intervalo de tiempo entre la aparición de hojas sucesivas recibe el nombre de plastocrono. El crecimiento continúa hasta que la lígula es expuesta, esto marca el fin de elongación. La punta de la hoja es fisiológicamente más madura que su porción basal, esta representa la primera parte de la senescencia. Dependiendo del estado de crecimiento, las hojas son afectadas de diferentes formas por el pastoreo o corte.

- TASA DE CRECIMIENTO FOLIAR

Factor muy dependiente de las condiciones climáticas, temperatura, lluvias, etc. La nutrición mineral parece tener poco efecto sobre la tasa de aparición foliar. En algunos trabajos el Nitrógeno ha sido el único en afectarla.

- EL TAMAÑO O EL ÁREA FOLIAR

Es muy influenciada por el medio ambiente. Normalmente la hoja más pequeña es la primera, la siguen las mayores y con mayor peso seco (Langer, 1972).

- SEMILLAS

La semilla de Guinea se caracteriza por desprenderse fácilmente de la panícula ocasionando altas pérdidas. La fertilización nitrogenada y el riego incrementan la producción de semilla, pero generalmente varía de 50 a 300 kilos de semilla por hectárea, efectuando la cosecha entre los 28 y 36 días, después de la aparición de la inflorescencia. Esta gramínea produce abundantes semillas, pero con poca viabilidad. El porcentaje de germinación de la semilla varía de 0 a 45 %, en el medio nicaragüense, el promedio de germinación más frecuente es de cerca del 10 % (García, 1996).

2.3 ECOFISIOLOGÍA DE LOS PASTOS C4

Según Rodríguez (2014) expresa que los pastos presentan un potencial crecimiento y producción en los pastos el cual está en dependencia de la vía metabólica utilizada para llevar a cabo la fotosíntesis, así como de su vínculo con la respiración.

El estudio de la dinámica de los ecosistemas de pastos ha sido una temática aún poco estudiada en las regiones tropicales, puesto que la eco fisiología de los pastos C4 comprenden el estudio, el 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” per se, sino que también deben contemplarse

los efectos de una cortadora de pasto poco convencional, de ahí que la productividad de los pastizales depende de la eficiencia de conversión que realicen del CO₂ atmosférico, de los nutrientes, de la humedad de los suelos y la energía solar (Ugarte,2019).

Los pastos C₄ poseen una estructura foliar conocida como anatomía de Kranz, que se caracteriza por tener las células del mesófilo dispuestas en corona alrededor de la vaina de los haces vasculares, las cuales poseen paredes celulares gruesas con cloroplastos de mayor tamaño, más abundante y en disposición específica. Estos tienen lugar en una primera fijación del CO₂ mediante la enzima fosfoenol-pirúvico-carboxilasa (PEPC) en ácidos dicarboxílicos tetracarbonados en las células del mesófilo, el cual es transportado hacia las células de los haces vasculares (Sistema de bombeo), donde tiene lugar la descarboxilación, la concentración del CO₂ y una fijación vía ciclo de Calvin Benson.

Los carbonos restantes (alanina o pirúvico) regresan al mesófilo, donde se completa su conversión en molécula aceptora primaria (PEPC). A esta distribución funcional entre los dos tipos de células se le denomina fotosíntesis cooperativa. Existen tres grupos de subtipos metabólicos a los que se les nombra según la enzima que cataliza la descarboxilación (NADP-enzima málico, NAD-enzima málico y PEP-carboxiquinasa). En ellos se encuentran un grupo importante de las especies que comúnmente forman parte de los ecosistemas de los pastos.

Otras de las características bioquímicas que posee este grupo de plantas son la alta afinidad de la enzima PEPC por el CO₂ y la mayor actividad carboxilasa de la enzima RUBISCO en las células del haz vascular, que permiten que el proceso fotosintético sea, aparentemente, insensible a los cambios de concentración de O₂ atmosférico y respondan de forma positiva al aumento de la concentración de CO₂ atmosférico, lo cual garantiza que la fotosíntesis se desarrolle bajo condiciones más estables, siempre que no exista inhibición enzimática por altas o bajas de temperaturas (Valencia,2016)

2.4 ESTRÉS HÍDRICO EN LOS PASTOS

En los últimos años se han generado herramientas para optimizar el uso del agua mientras se optimiza la productividad. Los índices para determinar el estrés hídrico (EH) de la vegetación se han utilizado mucho para asistir a los agricultores en la maximización de la producción. Según Echenique, (2018) expresa que la exposición al estrés hídrico es severa durante un corto periodo ya que tiende a diversos efectos sobre el desarrollo de la planta, según su estado ontogénico.

Siendo el agua uno de los factores más importantes para el desarrollo de las plantas, su carencia constituye una de las principales fuentes de estrés. Muchas plantas han desarrollado respuestas que les permiten tolerar diferentes niveles de déficit de agua, que van desde un estrés hídrico leve, causado por la disminución del potencial hídrico al mediodía, hasta aquellas que les permiten sobrevivir en hábitat desérticos (Moreno, 2019).

Por otro lado, la sequía es otro de los estreses ambientales más importantes que afecta el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos. La comprensión de los mecanismos de tolerancia de las plantas a este estrés, constituye uno de los retos más importantes para los investigadores de la rama agrícola y para la mejora de las plantas (Pérez, Navarro, Rojas, & Sosa del Castillo, 2018). Esta situación se agrava si se consideran las consecuencias del cambio climático, el cual exacerba los estreses abióticos a escala global al aumentar la irregularidad de los eventos meteorológicos.

Cabe mencionar, que el estrés hídrico provoca la disminución en el número, tamaño de las células y el incremento de irregularidades meióticas: cromosomas no orientados, univalentes, cromosomas rezagados, puentes dicéntricos y micronúcleos; dicho estrés durante la etapa reproductiva no sólo altera el desarrollo normal del pasto; sino que también sus efectos se manifiestan en su progenie (Echenique, 2018).

De cierta manera, los pastos se mueren si no son incapaces de tolerar el déficit hídrico que se desarrolla, en sus tejidos, como consecuencia de la sequía. En términos

ecológicos esto impone una presión de selección en las especies, y estimula la sobrevivencia de genotipos que han desarrollado mecanismos para sobrevivir a la sequía (Echenique, 2018).

2.5 GENOTIPOS DE PASTOS TOLERANTES A ESTRÉS HÍDRICOS

Los pastos tolerantes a la sequía, normalmente activan mecanismos de ajuste osmótico y estomático. El ajuste osmótico es un proceso que consiste en una disminución progresiva del potencial osmótico foliar por aumentos en la concentración de sólitos o por cambios estructurales a medida que aumenta el estrés hídrico. Este mecanismo permite el sostenimiento parcial del turgor celular a potenciales hídricos bajos, el mantenimiento de la absorción de agua y la apertura estomática. La gran importancia del agua deriva de su gran efecto en el crecimiento y desarrollo de las plantas, ya que actúa en ellas como contribuyente, responsable del turgor celular, y regulador de su temperatura (Farías, 2019).

El mismo autor citando a Munns (1988), nos dice que algunas especies como *Cenchrus ciliaris*, *Panicum maximum var. trichoglume* y *Heteropogon contortus* son capaces de ajustar el comportamiento estomático a medida que aumenta el estrés hídrico, esto permite a la planta mantener cierto grado de turgor y un relativo crecimiento a medida que avanza el periodo seco. Sin embargo, las ganancias en términos productivos son bajas y no muy seguras.

A continuación, otras gramíneas que son tolerantes a la deshidratación (TD) y llevan su ajuste osmótico al máximo (AOM): *Biloela*, *Axonopus compressus*, *Melinis minutiflora*, *Setaria sphacelata cv Nandi*, *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria mutica*, *Chloris gayana* *Trachypogon plzurnosus*, *Hyparrhenia rzufa* y *Andropogon gayanus*. Para (Pezzopane, Lima, Da Cruz, Beloni, Fávero, & Santos, 2017), los materiales o genotipos para condiciones de estrés hídrico de corta duración, se destacan: *Paspalum atratum*, *Paspalum regnellii*, *Paspalum dilatatum* y *Paspalum malacophyllum*.

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El experimento se desarrolló desde junio a diciembre del 2022, bajo condiciones de casa de cultivo perteneciente a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, ubicada en el Sitio Limón, Parroquia Calceta, Cantón Bolívar, Provincia de Manabí. El sitio experimental se localizó geográficamente en las coordenadas 0° 49' 10" de latitud sur y 80° 10' 40" de longitud oeste. La temperatura, precipitación y heliofanía promedio anual fueron de 25,7 °C, 839 mm y 1,045 horas, respectivamente, con una altitud de 21 m.s.n.m.



Elaborado por: Autores

3.2. DURACIÓN

El trabajo tuvo una duración de 28 semanas.

3.3 MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1 MATERIAL VEGETAL

Se utilizaron tres genotipos de pasto guinea (*Megathyrsus maximus*) que fueron:

- Genotipo 1 (cv. Mombaza)
- Genotipo 2 (cv. Zuri)
- Genotipo 3 (cv. Criollo)

3.3.2 FACTORES EN ESTUDIO

- FACTOR A (GENOTIPOS DE PASTO GUINEA)

- Cultivar Mombaza
- Cultivar Zuri
- Cultivar Criollo

- FACTOR B (NIVELES DE ESTRÉS HÍDRICO)

- Estrés hídrico hasta que las plantas presenten marchitez de las hojas y después riego normal (E1)
- Estrés hídrico hasta que las plantas presenten amarillamiento en el 50% del follaje y después riego normal (E2)
- Estrés hídrico hasta que las plantas paralicen el crecimiento y después riego normal (E3)
- Riego a capacidad de campo durante todo el ciclo del experimento (E4)

3.4. DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar en arreglo factorial A x B, con 12 tratamientos, tres réplicas y 36 unidades experimentales. La unidad experimental se conformó de 10 contenedores de 5 kg de capacidad, que fueron llenados previamente con suelo de capa arable. En cada contenedor fue establecida una plántula de los

respectivos cultivares de pastos evaluados, procedentes de semilleros establecidos con antelación. Los contenedores fueron ubicados a 0.50 m entre sí. A continuación, se detalla el esquema del análisis de varianza (ANOVA).

ESQUEMA DEL ADEVA

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos	11
Genotipos	2
Niveles de estrés	3
G x NE	6
Bloques	2
Error	22
Total	35

3.5. MANEJO ESPECÍFICO DEL EXPERIMENTO

Las plántulas utilizadas en la investigación fueron obtenidas a partir de semillas botánica, las mismas que fueron colocadas en bandejas germinadoras hasta que se produjo la germinación y emergencia de las plántulas, que ocurrió a los 15 días después de la siembra. A partir de este tiempo, cuando las plántulas emergidas alcanzaron tres hojas verdaderas, fueron trasplantadas a las macetas o contenedores, donde se colocaron dos plantas por maceta. Tiempo después de que se produjo el prendimiento de las plántulas trasplantada en las macetas, se realizó el raleo, donde se dejó una plántula por maceta. A los 20 días después del trasplante en macetas, las plántulas fueron fertilizadas con el fertilizante compuesto YaraMilla Compex, en dosis de 10 g/maceta. A partir de este momento, las plántulas se las dejó crecer libremente hasta que produjeron buen macollaje, formaran una cepa vigorosa y alcanzaran la floración y producción de semillas. Una vez alcanzada la madurez fisiológica de la

semilla, a todas las plantas se les procedió a realizar el corte de igualación a 20 cm por encima del nivel del suelo, simulando un pastoreo controlado con la intención de que los 20 cm de biomasa dejados en la maceta se conviertan en el órgano de reserva para que se produzca la nueva formación de macollos y el follaje. Al momento del corte de igualación todas las plantas fueron sometidas a riego, dejando el suelo humedecido a capacidad de campo, y a partir de ese momento empezaron los tratamientos de agobio hídrico (E1, E2, E3 y E4) y se contabilizaron los 15, 30, 45 y 60 días de la evaluación del experimento. El pasto se volvió a regar nuevamente de acuerdo a como se fueron presentando los estados de estrés hídrico (E1, E2 y E3) evaluados en todos los cultivares. Únicamente, el estado E4 se regó de forma continúa manteniendo siempre la humedad del suelo a capacidad de campo, para fines de comparación con los estados sometidos a estrés (E1, E2 y E3).

3.6. VARIABLES RESPUESTA

- **Altura de planta (cm):** se determinó a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, con la ayuda de una cinta métrica, donde el dato fue registrado desde el nivel del suelo hasta la última hoja normal formada.
- **Número de macollos por maceta:** se registró a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, contabilizando el número de macollos que emergían de la base del tallo principal.
- **Masa fresca por maceta (g):** se anotó a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, donde el dato se registró cosechando la biomasa producida por encima de 20 cm con relación al nivel del suelo, la cual fue cuantificada con ayuda de una balanza de precisión.
- **Masa seca por maceta (g):** se registró a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, donde a partir de la materia fresca por maceta cosechada previamente, se tomó una

alícuota de 100 g que fue picada y llevada a laboratorio y colocada en estufa de circulación forzada a 60 - 65°C hasta las 72 horas o alcanzar peso constante, esto según lo recomendado por Da Silva et al. (2009) y López et al. (2014) para el pasto guinea.

- **Peso seco en raíces por maceta (g):** se ejecutó a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, donde en cada periodo de evaluación, se sacrificó una maceta al azar para extraer las raíces y colocarlas en estufa de circulación forzada a 60 - 65°C hasta las 72 horas o alcanzar peso constante.
- **Área foliar por maceta (cm²):** se determinó por el método del cuadrante a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, donde en cada periodo de evaluación, se sacrificó una maceta al azar para extraer y pesar todo el follaje, seguidamente de las hojas se extrajeron cuadrantes de 1 cm² el cual también fue pesado en balanza de precisión. A partir de la relación peso del follaje de la maceta y el peso y área conocida de los cuadrantes se calculó el área foliar.
- **Proporción de masa de hojas y tallos:** se registró a los 15, 30, 45 y 60 días después de la aplicación de los tratamientos, donde a partir de los pesos separados de los tallos y las láminas foliares se estimó la proporción de cada componente.

3.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Los datos obtenidos fueron procesados a través del análisis de varianza, y la separación de medias con la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS

En la **tabla 1** se describen el tiempo transcurrido desde la aplicación de los tratamientos de agobio hídrico hasta que se alcanzaron los estados de estrés hídrico (E1, E2 y E3) en los genotipos evaluados, y fue necesario volver a regar. Los datos evidencian que el cv. Mombaza, fue el más susceptible al agobio hídrico, puesto que fueron necesarios frecuencias de riego más cercanas durante los 60 días que duró el experimento.

Tabla 1. Tiempo en días transcurrido desde que se aplicaron los tratamientos de agobio hídrico hasta que se presentaron los estados de estrés (E1, E2 y E3) y fue necesario volver a regar.

Cultivar	Riego 1	Días entre riego	Riego 2	Días entre riego	Riego 3
Estado de estrés hídrico E1					
Mombaza	17	15	32	13	45
Zuri	25	18	43	15	58
Criollo	27	19	46	-	-
Estado de estrés hídrico E2					
Mombaza	22	13	35	14	49
Zuri	29	14	43	15	58
Criollo	30	22	52	-	-
Estado de estrés hídrico E3					
Mombaza	28	12	40	17	57
Zuri	31	19	50	-	-
Criollo	35	22	57	-	-

E1 (Estrés hídrico hasta que las plantas presenten marchitez de las hojas y después riego normal); **E2** (Estrés hídrico hasta que las plantas presenten amarillamiento en el 50% del follaje y después riego normal); **E3** (Estrés hídrico hasta que las plantas paralicen el crecimiento y después riego normal)

A los 15 días de haber aplicado los tratamientos de estrés hídrico, se detectó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) únicamente para las variables número de macollos y área foliar dentro del factor genotipos, donde los cultivares Mombaza y Zuri lograron mayor macollaje y área foliar, con relación al cultivar criollo (Tabla 2), lo cual puede deberse a que estos genotipos son genéticamente mejorados, en contraste

al cultivar criollo que es un material local de pasto Guinea. Por el contrario, el resto de variables analizadas no fueron afectadas estadísticamente ($p > 0.05$) por los genotipos evaluados (Tabla 2). Los niveles de estrés hídricos aplicados (E1, E2, E3 y E4) no influyeron significativamente ($p > 0.05$) ninguna de las variables analizadas, lo cual indica que 15 días de estrés hídrico no afecta significativamente el crecimiento y rendimiento de biomasa del pasto Guinea, independientemente de los genotipos evaluados (Tabla 2). Por último, la interacción genotipo x estrés hídrico, tampoco afectó significativamente ($p > 0.05$) las variables evaluadas a los 15 días de haberse aplicado los tratamientos de estrés, lo cual indica la independencia de los niveles de cada factor (Tabla 2).

Tabla 2. Efecto de niveles de déficit hídrico sobre el crecimiento y producción de biomasa de tres genotipos de pasto Guinea, a los 15 días de crecimiento.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco de tallos (g)	Peso seco hojas (g)	N° macollo	Peso seco de planta(g)	AF (cm ²)
Efecto del genotipo							
Mombaza	77,73	16,80	22,24	19,24	10,25 a	58,28	707,93 a
Zuri	75,96	18,83	21,09	19,28	10,96 a	59,20	723,41 a
Criollo	71,00	15,05	20,58	18,29	8,19 b	53,92	662,81 b
Efecto de niveles de estrés							
E1	74,08	17,64	20,28	19,19	9,36	55,11	607,23
E2	68,00	17,52	19,97	18,69	8,75	56,18	551,76
E3	66,83	16,65	19,33	18,88	8,53	54,86	584,19
E4	79,67	18,77	21,30	20,04	9,22	60,11	615,69
p-valor ANOVA							
Genotipo	0,1019	0,0698	0,0938	0,0872	0,0001	0,6515	0,0001
Estrés	0,2011	0,205	0,0654	0,0687	0,0873	0,0591	0,0741
Genotipo x Estrés	0,0882	0,3986	0,6023	0,6871	0,9451	0,6159	0,7893
C.V. %	8,10	12,37	17,12	15,10	11,88	17,80	18,38

A los 30 días de haberse aplicado los tratamientos de agobio hídrico, se detectó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para el factor genotipos y el factor estados de estrés en todas las variables analizadas, mientras que para la interacción genotipos x estados de estrés no se logró diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$), lo cual indica dependencia de los efectos de los niveles de cada factor (Tabla 3). El genotipo criollo logró la mayor altura de planta, peso seco de planta y todos sus

componentes, mayor cantidad de macollos y área foliar, con relación a los genotipos Mombaza y Zuri, aunque este último mostró mayor crecimiento y producción de biomasa, en comparación al Mombaza (Tabla 3). Lo anterior indica que, con 30 días de agobio hídrico y un riego de recuperación (Tabla 1), el genotipo Criollo muestra mejor desempeño que los materiales mejorados Mombaza y Zuri. Independientemente de los genotipos evaluados, a los 30 días de agobio hídrico, los estados de estrés E1 y E4 fueron los que lograron mayores promedios de crecimiento, acumulación de masa seca, macollaje y área foliar, con relación a los estados de estrés E2 y E3, lo cual indica que, a mayor prolongación de agobio hídrico, el crecimiento en general se reduce significativamente (Tabla 3). En cuanto a peso seco de planta, el estado E4 superó a los estados E1, E2 y E3 en un 8.02, 18.70 y 24.61%, respectivamente. Así mismo, el estado E4 logró un macollamiento 11.36, 22.26 y 22.02% mayor a los estados E1, E2 y E3, en su orden respectivo. En cuanto al área foliar, se produjo un incremento del 4.85, 21.03 y 26.26% en el estado E4, con relación a los estados E1, E2 y E3, respectivamente (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de niveles de déficit hídrico sobre el crecimiento y producción de biomasa de tres genotipos de pasto Guinea, a los 30 días de crecimiento.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco de tallos (g)	Peso seco hojas (g)	Nº macollo	Peso seco de planta(g)	AF (cm ²)
Efecto del genotipo							
Mombaza	91,43 b	19,72 b	30,19 b	27,79 b	11,11 a	77,70 b	888,02 b
Zuri	95,50 a	22,81 a	36,56 a	30,13 ab	12,13 b	89,50 a	911,62 a
Criollo	97,48 a	23,10 a	39,94 a	32,25 a	12,77 a	95,29 a	981,20 a
Efecto de niveles de estrés							
E1	94,92 a	21,21 a	38,09 b	32,17 b	11,47 a	91,47 b	933,95 a
E2	84,48 b	19,30 b	34,10 bc	27,45 bc	10,06 b	80,85 c	775,17 b
E3	80,71 b	18,46 b	31,51 c	25,01 c	10,09 b	74,98 d	723,79 c
E4	99,28 a	22,32 a	40,54 a	36,59 a	12,94 a	99,45 a	981,54 a
p-valor ANOVA							
Genotipo	0,0023	0,0148	0,0365	0,0179	0,0001	0,0421	0,0001
Estrés	0,0001	0,0184	0,0001	0,0001	0,0076	0,0001	0,0001
Genotipo x Estrés	0,1878	0,6371	0,2619	0,2627	0,7345	0,3506	0,0663
C.V. %	12,22	16,56	13,40	15,66	10,97	16,36	16,63

A los 45 días de la aplicación de los tratamientos de agobio hídrico, se detectó diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) para los factores genotipos y estados de estrés, mientras que por el contrario no se reportó diferencias estadísticas ($p > 0.05$) para la interacción genotipo x estados de estrés (Tabla 4). Independientemente de los estados de estrés evaluados, el genotipo Criollo logró mayor altura de planta, con un incremento del 17.38 y 9.81%, con relación a los genotipos Mombaza y Zuri. Así mismo, el cultivar Criollo logró el mayor número de macollos, con un incremento del 21.91 y 15.49%, en contraste a los genotipos Mombaza y Zuri. El genotipo Criollo superó en peso seco a los genotipos Mombaza y Zuri, con el 17.32 y 9.44%, en su orden respectivo. La mayor área foliar fue lograda también por el cultivar Criollo, con un incremento del 23.79 y 10.12% sobre los cultivares Mombaza y Zuri (Tabla 4). Estos resultados evidencian la mayor tolerancia del cultivar Criollo al estrés hídrico, en relación a los cultivares mejorados Mombaza y Zuri. Independientemente de los genotipos probados, el tratamiento de humedad continua (E4) superó en altura de planta a los estados de estrés E1, E2 y E3 con el 5.89, 15.55 y 24.29%, respectivamente. Del mismo modo, el E4 logró el mayor macollaje, con un incremento del 9.19, 21.49 y 30.92% sobre los estados E1, E2 y E3. El estado E4, también logró el mayor peso seco con el 12.13, 21.99 y 28.45 de incremento, con relación a los estados de estrés E1, E2 y E3, respectivamente. De forma similar, el estado E4 superó en área foliar a los estados E1, E2 y E3, con el 17.05, 34.29 y 39.42%, respectivamente (Tabla 4). Lo anterior denota, que la humedad del suelo constante favorece mayores tasas de crecimiento y acumulación de materia seca en pasto Guinea, sin importar su cultivar. Además, se evidencia que el corto periodo de estrés (E1) no disminuye marcadamente el crecimiento del pasto con relación al tratamiento de humedad constante (E4).

Tabla 4. Efecto de niveles de déficit hídrico sobre el crecimiento y producción de biomasa de tres genotipos de pasto Guinea, a los 45 días de crecimiento.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco de tallos (g)	Peso seco hojas (g)	Nº macollo	Peso seco de planta(g)	AF (cm ²)
Efecto del genotipo							
Mombaza	101,54 b	24,14 b	38,70 b	37,14 b	12,40 b	99,98 bc	978,62 b
Zuri	110,83 b	27,04 a	41,52 b	40,95 a	13,42 b	109,51 b	1154,16 a
Criollo	122,88 a	30,93 a	47,41 a	42,59 a	15,88 a	120,93 a	1284,14 a
Efecto de niveles de estrés							
E1	117,33 a	28,26 ab	48,24 b	54,63 a	14,83	131,13 b	1211,30 b
E2	105,28 b	24,75 bc	44,10 c	47,57 b	12,82	116,42 c	959,67 c
E3	94,39 c	22,83 c	40,04 c	43,91 c	11,28	106,78 c	884,62 d
E4	124,67 a	33,64 a	55,13 a	60,47 a	16,33	149,24 a	1460,29 a
p-valor ANOVA							
Genotipo	0,0007	0,0467	0,0177	0,0111	0,0008	0,0113	0,0375
Estrés	0,0001	0,0352	0,0001	0,0001	0,0440	0,0001	0,0001
Genotipo x Estrés	0,5700	0,7949	0,6609	0,3781	0,4801	0,7988	0,2257
C.V. %	14,90	18,07	14,07	15,06	13,27	18,18	14,99

Finalmente, a los 60 días del experimento, todas las variables analizadas fueron influenciadas significativamente ($p < 0.05$) por los genotipos y los estados de estrés hídrico evaluados, mientras que no se detectó diferencias estadísticas significativas ($p > 0.05$) para la respectiva interacción (Tabla 5). El genotipo Criollo, independientemente de los estados de estrés probados, logró los mayores incrementos en altura de planta, acumulación de masa seca, macollos y área foliar, con relación a los genotipos Mombaza y Zuri, lo cual deja claramente expuesto, que el este cultivar local expresa mejor adaptación a las condiciones ambientales de Manabí, caracterizada por una prolongada temporada seca (Tabla 5). Posiblemente, los cultivares Mombaza y Zuri expresen un mayor potencial productivo bajo condiciones de buen manejo agronómico incluido el riego. Independientemente de los cultivares evaluados, el pasto Guinea como especie expresó mayor respuesta de crecimiento y potencial forrajero bajo condiciones óptimas de humedad del suelo (E4), sin embargo, es evidente que puede alcanzar buenas características de crecimiento y producción de masa seca muy cercanas al tratamiento con riego (E4) bajo periodos cortos de

estrés hídrico (E1). Sin embargo, es notorio que con periodos más prolongados de agobio hídrico (E2 y E3) se reducen significativamente su tasa de crecimiento, el macollaje, la producción de masa seca y área foliar (Tabla 5).

Tabla 5. Efecto de niveles de déficit hídrico sobre el crecimiento y producción de biomasa de tres genotipos de pasto guinea, a los 60 días de crecimiento.

Tratamientos	Altura de planta (cm)	Peso seco de raíz (g)	Peso seco de tallos (g)	Peso seco de hojas (g)	Nº macollo	Peso seco de planta(g)	AF (cm ²)
Efecto del genotipo							
Mombaza	111,52 b	24,32 a	43,42 b	51,31	14,92 b	119,05 b	1241,68 b
Zuri	119,08 b	28,35 ab	43,76 b	56,95	14,04 b	129,06 b	1539,98 a
Criollo	125,14 a	32,18 b	52,22 a	67,33	16,79 a	151,73 a	1693,88 a
Efecto del estrés							
E1	123,89 b	28,92 b	56,83 b	67,94 a	15,72 b	153,69 b	1594,25 b
E2	118,83 c	27,46 b	51,28 c	58,22 b	13,33 c	136,96 c	1202,85 a
E3	97,39 d	26,26 c	48,22 c	56,43 b	13,11 c	130,91 c	1151,91 a
E4	134,11 a	38,05 a	66,88 a	68,20 a	18,17 a	173,13 a	1818,37 c
p-valor ANOVA							
Genotipo	0,0160	0,0034	0,0032	0,0391	0,0268	0,0004	0,0001
Estrés	0,0001	0,0493	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Genotipo x Estrés	0,0582	0,4936	0,3062	0,1849	0,0725	0,2730	0,0681
C.V. %	9,95	18,35	13,62	15,8	13,04	15,97	19,71

La figura 1 muestra, que durante los primeros 15 días de agobio hídrico, los cultivares Mombaza y Zuri logran un mayor ritmo de crecimiento diario (RCD) con relación al cultivar Criollo, sin embargo, a partir de los 30 días se nota la mayor susceptibilidad de los cultivares Mombaza y Zuri ante el agobio hídrico, donde el genotipo Criollo logra un RCD de 6.35 g día⁻¹, con relación a Mombaza y Zuri con 5.18 y 5.97 g día⁻¹, en su orden respectivo. A los 45 días, el genotipo Criollo mantiene un mayor RCD con 8.06 g día⁻¹, con relación a Mombaza y Zuri que logran menor RCD con 6.67 y 7.30 g día⁻¹. Finalmente, a los 60 días de crecimiento, el genotipo Criollo alcanza un RCD de 10.12 g día⁻¹, en comparación con los 7.94 y 8.60 g día⁻¹ logrados por los cultivares Mombaza y Zuri (Figura 1).

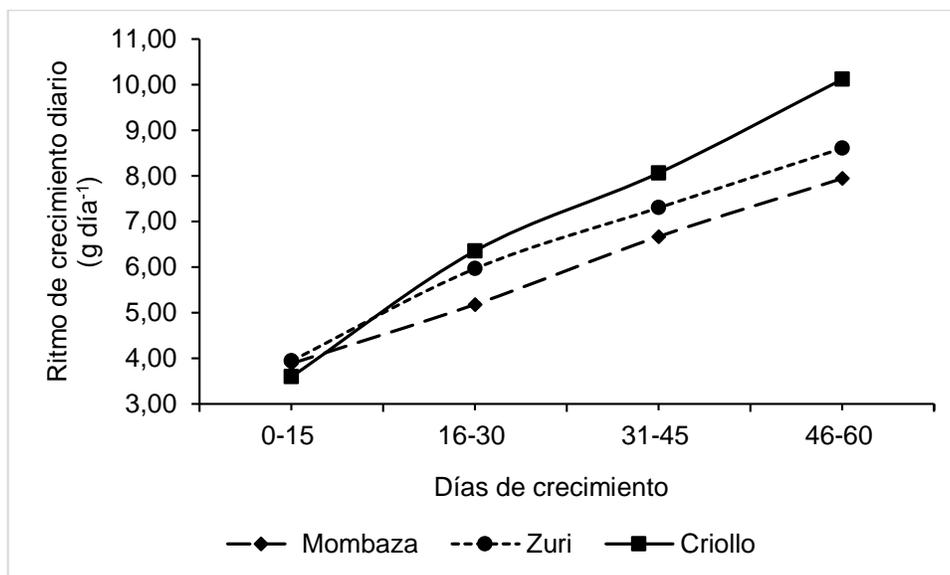


Figura 1. Ritmo de crecimiento diario en función de los genotipos.

La figura 2 muestra, que durante los primeros 15 días del agobio hídrico, el pasto Guinea muestra un RCD similar en todos los estados de estrés evaluados (E1, E2, E3 y E4), sin embargo, a partir de los 30 días se evidencia que los estados de agobio hídrico más severos (E2 y E3) disminuyen el crecimiento con un RCD de 5.39 y 5.00 g día⁻¹, en comparación al estado con menor estrés (E1) que logró un RCD de 6.10 g día⁻¹, y al estado con humedad continua (E4) con un RCD de 6.63 g día⁻¹. A los 45 días de crecimiento, los estados E2 y E3 logran un RCD de 7.76 y 7.12 g día⁻¹, en comparación a los estados E1 y E4 con RCD de 8.74 y 9.95 g día⁻¹, respectivamente. Finalmente, a los 60 días del experimento, se observa que los estados E1 y E4 siguen mostrando mayor RCD con 10.25 y 11.54 g día⁻¹, con relación a los estados E2 y E3 que alcanzaron un RCD de 9.13 y 8.73 g día⁻¹, respectivamente (Figura 2). Esto resultados evidencian que el estrés hídrico reduce marcadamente el crecimiento del pasto Guinea, y que aunque los estados E1, E2 y E3 se regaron hasta en tres ocasiones durante los 60 días que duró el experimento (Tabla 1), estos no lograron recuperarse al 100% y logran tasas de crecimiento y rendimiento forraje menores al estado E4 con humedad de suelo continua.

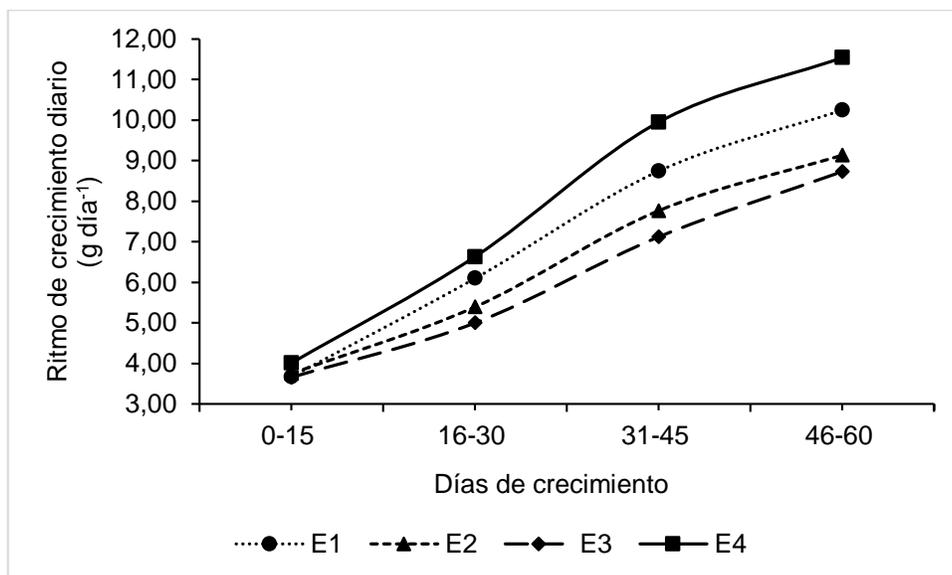


Figura 2. Ritmo de crecimiento diario en función de los estados de estrés hídrico.

4.2 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son cercanos a los reportados por Guenni et al. (2002) quienes evaluaron la respuesta de cinco cultivares de *Brachiria* que fueron *B. brizantha*, *B. decumbens*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola* y *B. mutica*, donde el cv. *B. brizantha* fue el más susceptible a periodos cortos de agobio hídrico, donde su rendimiento forrajero se redujo hasta en un 23%, con relación a los demás cultivares. En otro estudio, Purbajanti et al. (2012) concluyeron que el pasto Guinea redujo hasta en un 25.9% la biomasa forrajera bajo condiciones de estrés hídrico, con relación al tratamiento con riego continuo. Los resultados también son cercanos a los logrados por Olivera et al. (2019) quienes reportaron que el pasto Guinea redujo su biomasa forrajera hasta en un 16% con estrés hídrico, y por el contrario su biomasa forrajera aumentó en un 20% con riego continuo. En otra investigación, Zuffo et al. (2022) reportaron que los cultivares de pasto Guinea (*Megathyrsus maximus*) cv. Mombaza, cv. Tanzania y cv. Aruana, fueron más tolerantes al estrés hídrico, que cultivares de las especies de pasto *Urochloa brizantha*, *Pennisetum glaucum*, *Urochloa ruziziensis* y *Paspalum atratum*. Sin embargo, estos autores concluyeron que, aunque el pasto Guinea tolera el estrés hídrico, este último reduce significativamente el crecimiento y

la producción de forraje. Finalmente, los resultados logrados coinciden a los obtenidos por Mohammed y Ibraheem (2022), quienes evaluaron la respuesta al estrés hídrico en los cultivares de pasto Guinea cv. Mombaza y cv. Tanzania, donde concluyeron que en general, los dos cultivares se vieron afectados por la sequía, pero lograron tolerar y sobrevivir durante 30 días sin agua. Además, Tanzania en general tuvo un mejor desempeño en sequía que Mombaza.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Los periodos de agobio hídrico más severos (E2 y E3) reducen significativamente la tasa de crecimiento y el rendimiento forrajero del pasto Guinea, con relación al estado de agobio hídrico menos intenso (E1) y al tratamiento de riego continuo (E4).
- El pasto Guinea tolera mejor los periodos cortos de estrés hídrico (E1) sin reducir marcadamente su crecimiento y rendimiento de forraje, y expresa su máximo potencial de crecimiento y rendimiento con riego continuo (E4).
- El cultivar criollo fue el más tolerante al estrés hídrico, y produjo mayores tasas de crecimiento y rendimiento de forraje bajo estas condiciones, con relación a los cultivares Mombaza y Zuri.
- Bajo condiciones de riego normal, los cultivares Mombaza y Zuri expresan mejores características de crecimiento y producción de forraje, con relación al cultivar Criollo.

5.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados alcanzados, se recomienda que, para el sistema de secano y zonas menos favorecidas con lluvias, utilizar el pasto Guinea cv. Criollo, por su mayor tolerancia al estrés hídrico.
- Para sistemas de regadío y zonas más favorecidas por las lluvias, se recomienda establecer los genotipos mejorados cv. Mombaza y cv. Zuri.

BIBLIOGRAFÍA

Acosta Troya, K. V. (2021). **Desarrollo agronómico del pasto *Brachiaria decumbens* para el pastoreo del ganado vacuno en el trópico húmedo ecuatoriano** [Repositorio de la Universidad Técnica de Babahoyo]. <http://dspace.utb.edu.ec/>. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9308>

Álvarez, A. (2019). **Variación de los periodos de crecimiento para tres pastos tropicales, bajo los efectos del cambio climático**. Pastos y Forrajes 42(2):104-113.

Andrade, A; Oliva, F. (2015). **Sistema de Crianza de Bovinos de Carne en el Trópico Húmedo comparando dos tipos de pastos: *Bachiaria decumbens* vs *Paspalum dilatatum***. Universidad Católica Santiago de Guayaquil. Sistema de Posgrado Facultad de Educación Técnica para el desarrollo Carrera de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ecuador. 80 p

Aragón López, E. G., & Morales Sánchez, M. J. (2020). **Evaluación de la remoción de contaminantes del sistema de islas flotantes artificiales (Ifa) con pasto guinea (*Panicum maximum*) a través de un modelo matemático, periodo 2019–2020 (Bachelor's thesis, Ecuador: Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC).**

Bonifaz, N., R. León, y F. Gutiérrez. (2018). **Pastos y forrajes del Ecuador: Siembra y producción de pasturas**. Editorial Universitaria Abya-Yala, Universidad Politécnica Salesiana, Quito, Ecuador. 616 p. ISBN 978-9978-10-318-0. Disponible en: [file:///C:/Users/GALO%20CEDE%20C3%91O/Downloads/Pastos%20y%20forrajes%20del%20Ecuador%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/GALO%20CEDE%20C3%91O/Downloads/Pastos%20y%20forrajes%20del%20Ecuador%20(1).pdf) (Consulta 27 abril de 2021)

Broadhead, J.S.; Muxworthy, A.R.; ONG, C.K.; Black, C.R. (2003). **Comparación de métodos para determinar el área foliar en filas de árboles. Agric. Bosque. Meteorol.** 115:151–161.

Delgado, P; Ocana, H & Rojas, E. (2019). **Indicadores asociados a la sostenibilidad de pasturas: Una revisión** (pp.387-430). Revista Scielo.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S012287062019000200387&script=sci_abstract&tlng=es

Echenique, J. (2018). **Efecto del estrés hídrico en el estado reproductivo. En Agricultura: Turrialba: Vol. Vo. 44.**
<https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9586/A0793e03-08.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

FAO (2018). AGP - **Praderas, pastizales y cultivos forrajeros.** (<https://goo.gl/CsVaKw>) (22-1-2018).

Farías, J. (2019). **Consideraciones para la selección y manejo de especies tolerantes a la sequía.** Revista de Agronomía, vol.11 N° 2 1994.

García Castro, K. D., Romo-Campos, R. de L., Pereira, C. J., & Gómez-Rubio, R. (2018). **Tasa relativa de crecimiento en plántulas de dos poblaciones de *Magnolia pugana* (Magnoliaceae) en distintos niveles de luz y fertilidad del suelo.** Revista de Biología Tropical, 66(2), 622. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i2.33394>

García, G. (1996). **Manual de pastos en Nicaragua. Gramíneas tropicales, Managua, Nicaragua.** 179p.

González. (2019, Febrero 11). **Pasto Guinea Tanzania (*Panicum maximum* cv. Tanzania).** <https://infopastosyforrajes.com/pasto-de-pastoreo/pasto-guinea-tanzania/>

Guenni, O., Marín, D. & Baruch, Z. (2002). **Respuestas a la sequía de cinco especies de *Brachiarias*. I. Producción de biomasa, crecimiento de hojas, distribución de raíces, uso de agua y calidad del forraje.** Planta y Suelo 243, 229–241. <https://doi.org/10.1023/A:1019956719475>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2020^a). **Encuesta de superficie y producción agropecuaria continúa.** Boletín Técnico N°-01-2019-ESPAC. Quito, Ecuador. 14 p.

Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC). (2020b). **Información agroambiental y tecnificación agropecuaria**. Módulo ESPAC - 2019. Boletín Técnico N°-03-2020-MOD_AMB_ESPAC. Quito, Ecuador. 11 p.

Invesa. (2020). **Pasto guinea**. Invesa - La compañía amiga. <https://www.invesa.com/product/pasto-guinea/>

Langer, R. H. M. (1972). **Cómo crecen las hierbas**. London: Arnold.

Luque, S. (2000). **FIJACIÓN DE CARBONO POR LOS CULTIVOS**. 28.

Méndez, Y.; Reyes, J.; Luna, R.; Verdecia, D. (2019). **Componentes del rendimiento y composición bromatológica de tres cultivares de *Megathyrsus maximus* en el área de Guayas, Ecuador**. Cuban Journal of Agricultural Science 53(4): 437 – 446.

Milera, M.; Amaro, O.; Machado, H.; Machado, R. (2017). ***Megathyrsus maximus*. Resultados científicos y potencialidades ante el cambio climático en el trópico**. Avances en Investigación Agropecuaria 21(3): 41-61.

Mohammed, J.A y Ibraheem, M.A. (2022). **Efecto de la Sequía en el Crecimiento de Dos *Panicum maximum jacq.* Cultivares en el sur de Libia**. REVISTA LIBIA DE AGRICULTURA. Artículo original. Volumen (27): No. (1), 2022: 1 - 12

Moreno, L. P. (2019). **Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico**. Una revisión. 2 de julio de 2019, N° 27(Revista: Scielo), 179-191.

Naciones Unidas (2018). **La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: una oportunidad para América Latina y el Caribe** (LC/G.2681-P/Rev.3), Santiago.

Olivera.V; Prado, R; Martínez, C.A.; Habermann, E.; Piccolo, M. (2019). **El calentamiento a corto plazo y el estrés hídrico afectan a *Panicum maximum Jacq.* homeostasis estequiometría y producción de biomasa**. Ciencia del Medio Ambiente Total 681; 267–274.

Pérez, R.; Cabrera, E.; Hinostraza, M. (2018). **El régimen de riego para cultivos en Manabí, Ecuador: Estudio Climatológico**. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias 27(1): 5 – 12.

Pérez, Y., Navarro, M., Rojas, L., & Sosa del Castillo, A. (2018, diciembre). **Efecto del estrés hídrico en la germinación de semillas de Sorghum bicolor (L.) Moench cv. UDG-110**. Matanzas no.4, vol.41 (ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S086403942018000400002

Pezzopane, C. D. G., Lima, A. G., Da Cruz, P. G., Beloni, T., Fávero, A. P., & Santos, P. M. (2017). **Evaluación y estrategias de tolerancia a estrés hídrico en germoplasma de Paspalum**. Tropical Grasslands-Forrajeras Tropicales, 5(3), 153-162. [https://doi.org/10.17138/tgft\(5\)153-162](https://doi.org/10.17138/tgft(5)153-162)

Pozo Rodríguez, P. P. (2014). **Bases eco fisiológicas para el manejo de los pastos tropicales**. Anuario Nuevo, Universidad Agraria de La Habana, Cuba., Nº 7, 1-3. script-tmp-inta_vye_nro27_ecofisiologia_de_plantas_forrajeras.pdf

Purbajanti E.D.; Anwar S.; Wydiati y Kusmiyati F. (2012). **Efecto del estrés por sequía en los caracteres morfológicos, la eficiencia en el uso del agua, el crecimiento y el rendimiento de las gramíneas guinea y napier**. International Research Journal of Plant Science (ISSN: 2141-5447) Vol. 3(4) pp. 47-53.pdf

Ramírez, J.; Zambrano, D.; Campuzano, J.; Verdecia, D.; Chacón, E.; Arceo, Y.; Labrada, J.; Uvidia, H. (2017). **El clima y su influencia en la producción de los pastos**. Revista electrónica de Veterinaria 18(6): 1 – 12.

Tapia, J.; Atencio, L.; Mejía, S.; Paternina, Y.; Cadena, J. (2019). **Evaluación del potencial productivo de nuevas gramíneas forrajeras para las sabanas secas del caribe en Colombia**. Agronomía Costarricense 43(2): 45-60.

Thielen, D.; Cevallos, J.; Erazo, T.; Zurita, I.; Figueroa, J.; Velásquez, E.; Matute, N.; Quintero, J. y Puche, M. (2016). **Dinámica espacio-temporal de las precipitaciones durante el evento de El Niño 97/98 en la cuenca de Río Portoviejo, Manabí, costa ecuatoriana del Pacífico**. Revista de Climatología 16: 35 – 50.

Ugarte, C. (2019). *Ecofisiología de plantas forrajeras*. La_Agricultura.

Valencia, M. (2016). *Cambios Isoenzimáticos Inducidos por estrés hídrico y temperatura en pasto*. Repositorio. <http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/9525/A0793e01-02.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Zari Cuenca, M. (2014). *Evaluación del comportamiento y adaptación agr productiva de una mezcla forrajera, para el mejoramiento de potreros en el barrio santa rosa, cantón el pangui*. 19.

Zuffo, A.M.; Steiner, F.; Aguilera, J.G.; Ratke, R.F.; Barrozo, L.M.; Mezzomo, R.; Santos, A.S.d.; Gonzales, H.H.S.; Cubillas, P.A.; Ancca, S.M. (2022). *Índices seleccionados para identificar pastos forrajeros tropicales tolerantes al estrés hídrico*, Plantas 11, 2444. <https://doi.org/10.3390/plants11182444>

ANEXOS



Anexo 1. Plantas con semilla



Anexo 2. Planta con estrés hídrico