



**Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador**  
Seréis mis testigos

**MANABÍ**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR  
SEDE MANABÍ  
CARRERA DE HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN  
EFECTO DE LOS NIVELES DECRECIENTES DE VOLÚMENES DE AGUA  
EN LA PRODUCTIVIDAD DEL PASTO MOMBAZA EN EL SITIO  
GARRAPATA**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN  
GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS  
NATURALES**

**PREVIO AL TÍTULO DE  
INGENIERA HIDRÁULICA**

**AUTORA  
MARÍA GABRIELA ZAMBRANO BRIONES**

**TUTOR  
ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA, M.SC.**

**PORTOVIEJO, NOVIEMBRE 2023**

## Certificación de la Tesis

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

Tutor del plan de investigación curricular

En mi calidad de tutor del trabajo de integración curricular, certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, cumpliendo la Normativa del Trabajo de Integración Curricular; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

---

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc.

C.I. 130827219-2

Aprobación del Tribunal

El jurado examinador aprueba el presente trabajo de integración curricular en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí:

(F)\_\_\_\_\_

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

Presidente del Tribunal

(F)\_\_\_\_\_

Ing. Fabián Espinales Cedeño, M.Sc.

Primer Lector

(F)\_\_\_\_\_

Ing. Juan Fernando Quiroz, M.Sc.

Segundo Lector

## Declaración de Originalidad

Este manuscrito, no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en la información de soporte que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de este trabajo de integración curricular infringe los derechos de autor de nadie.

Autor:

F. \_\_\_\_\_  
María Gabriela Zambrano Briones  
Dirección: Chone, Agua Potable  
E-mail: [mzambrano1714@pucesm.edu.ec](mailto:mzambrano1714@pucesm.edu.ec)  
Celular: 0991172526

## Declaración de Derecho del Autor

Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, a distribuir este manuscrito de investigación en medios físicos y electrónicos, con el fin de promover la divulgación de mis resultados a la comunidad científica y a la sociedad en general. Adicionalmente autorizo el uso de los contenidos de esta investigación como bibliografía para fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, citando como fuente de información al autor de este trabajo.

Autora:

F. \_\_\_\_\_  
María Gabriela Zambrano Briones  
C.I. 1313541714

## Agradecimiento

Agradezco eternamente a Dios por sus bendiciones, por permitirme seguir adelante con paciencia y sabiduría para hacer realidad una de mis grandes aspiraciones como lo es obtener mi título de INGENIERA HIDRÁULICA. A mis padres, especialmente a mi mamá la LIC. ADRIANA MARIBEL BRIONES LÓPEZ, a mis familiares que me han apoyado en cada paso dado y a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, esencialmente a sus docentes por sus buenas enseñanzas brindadas; finalmente quiero extender este agradecimiento hacia el Mgtr. Jesús Chavarría por ser parte fundamental de mi proceso de titulación.

*María Gabriela Zambrano Briones*

## Dedicatoria

Lleno de amor y esperanza, dedico este trabajo a mi querida madre la LIC. ADRIANA MARIBEL BRIONES LÓPEZ, por ser alguien incondicional y fundamental en mi vida, por su sacrificio a lo largo de este logro, con sus enseñanzas y valores me fortalecieron para nunca darme por vencida, estando siempre para mí de forma incondicional sin jamás soltar mi mano, ¡Este gran triunfo es también tuyo!

Al regalo más grande que Dios me supo entregar, mi hija ADRYANA VALENTINA GÓMEZ ZAMBRANO, la persona más importante de mi vida y la que me dio fuerzas y motivos para luchar y salir adelante, por ella y para ella todo mi esfuerzo y dedicación.

A mi amado esposo GERMÁN ANDRES GÓMEZ MOREIRA, por apoyarme en todo momento y darme siempre fuerzas para no desistir, ¡Amor este título también es tuyo!, sé que en el cielo estas celebrando este maravilloso triunfo junto a mi papá, ya que se cuanta emoción sentías por este momento.

A mi Padre RICARDO GABRIEL ZAMBRANO BRAVO por ser ese ángel de la guarda en mi vida ¡Este logro también es tuyo!, sé que estas orgulloso de mi.

A mi abuela querida ROSA AMELIA BRIONES LÓPEZ le dedico este logro porque siempre ha estado para mí, guiándome y acompañándome con su luz en todo este proceso, sin jamás dejarme sola, gracias a sus consejos me dieron la fortaleza para conseguir este logro.

*María Gabriela Zambrano Briones*

## Resumen

Esta investigación cuantitativa estudió la productividad del pasto Mombaza con una reposición de riego en láminas del 95% y 90% de la evapotranspiración del cultivo (ETc), buscando dotarlo del líquido vital necesario sin disminuir su producción. Es por ello que, en este estudio exploratorio experimental realizado mediante ensayos en campo y ejecutado desde noviembre de 2022 hasta enero de 2023, en una parcela de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Campus Chone, se recolectaron datos al comparar la generación en materia seca, materia verde, área foliar y hojas por macollo generados en dos cortes de igualación realizados cada 25 días. Los resultados muestran una producción de materia seca de 1693,28 kg/hectárea; materia verde de 528,70 kg/hectárea 246 hojas por macollo y 2466,6 cm<sup>2</sup> de área foliar para ambos cortes con una lámina de riego deficitario de hasta el 95%, siendo estadísticamente igual a la lámina del 100%, con valores promedio de 1832,05 kg/hectárea en materia verde; 524,41 kg/hectárea en materia seca; 260 hojas por macollo; y 1411,34 cm<sup>2</sup> de área foliar. Estos hallazgos denotan que se puede aplicar un riego deficitario con una lámina del 95% de ETc sin reducir el desempeño productivo de la planta, dotado mediante un riego por aspersión (24.31 mm) para noviembre; (23.15 mm) para diciembre y (20.43) para enero. Se concluye que una lámina de riego deficitaria de hasta el 95% del valor de ETc, permite optimizar el 5% del riego aplicado al cultivo del pasto Mombaza sin reducir su productividad hídrica.

*Palabras clave:* reposición, agua, cultivo, desarrollo

## Abstract

This quantitative research paper assessed water productivity of Mombasa grass with 95% and 90% irrigation levels of crop evapotranspiration (ET<sub>c</sub>), so as to give enough water to this crop without affecting its yield production. Accordingly, this exploratory experimental research design study of field trials was carried out from November 2022 through January 2023, on a plot land located in the Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Chone Campus, so that data were collected by comparing the production of dry matter, green matter, leaf area, and number of leaves per tiller, making two equalization cuts every 25 days. The findings show that dry matter production corresponds to 1693.28 kg/hectare; green matter corresponds to 528.70 kg/hectare 246 leaves per tiller; and 2466.6 cm<sup>2</sup> of leaf area for both cuts with a deficit irrigation level up to 95%, which is statistically equal to 100% level, with average values of 1832.05 kg/hectare in green matter; 524.41 kg/hectare in dry matter; 260 leaves per tiller; and 1411.34 cm<sup>2</sup> of leaf area. These findings evidence that deficit irrigation level with 95% ET<sub>c</sub> may be used without reducing the yield productivity, using sprinkler irrigation (24.31 mm) in November, (23.15) mm in December, and (20.43) in January. It is concluded that deficit irrigation up to 95% ET<sub>c</sub> helps to save 5% of irrigation water for Mombasa grass crops without reducing water productivity.

*Keywords:* replacement, water, crop, development

## Índice

Certificación de la Tesis .....	ii
Aprobación del Tribunal.....	iii
Declaración de Originalidad.....	iv
Declaración de Derecho del Autor .....	v
Agradecimiento .....	vi
Dedicatoria .....	vii
Resumen .....	viii
Abstract .....	ix
Índice de Tabla .....	13
Índice de Figuras .....	14
Índice de Fórmulas .....	15
Introducción.....	16
Materiales y Métodos .....	19
Tipo de investigación .....	19
Características del lugar .....	19
Localización .....	19
Condiciones climatológicas.....	20
Equipos y materiales .....	21
Materiales de campo.....	21
Materiales de oficina .....	21
Material biológico .....	21

Características del campo experimental .....	22
Cultivo del pasto Mombaza ( <i>Panicum máximum</i> cv. Mombaza) .....	22
Diseño de la investigación.....	22
Enfoque de la investigación.....	22
Población .....	22
Tamaño de la Muestra .....	23
Tipo de muestreo .....	23
Técnicas de investigación.....	23
Instrumentos de recolección de datos.....	23
Tratamiento estadístico.....	23
Métodos .....	24
Variables que se consideraron en la investigación .....	24
Estimación de las variables que considera la investigación .....	24
Manejo del ensayo.....	31
Recolección del sustrato .....	31
Llenado de fundas plásticas.....	31
Siembra.....	31
Riego.....	31
Control de malezas .....	31
Control de plagas .....	32

Cosecha.....	32
Volúmenes de agua de las diferentes programaciones de riego .....	32
Toma de datos en el área experimental .....	32
Humedad del suelo .....	32
Variables evaluadas.....	33
Rendimiento de materia verde.....	33
Rendimiento de materia seca.....	33
Área foliar.....	33
Resultados y Discusión.....	34
Conclusiones.....	43
Bibliografía.....	44
Anexos .....	49

## Índice de Tabla

Tabla 1: Datos climatológicos promedios mensuales desde 1990 al 2013 .....	20
Tabla 2: Características de la parcela.....	22
Tabla 3: Relación lectura de tensiómetro – condiciones de humedad de suelo .....	25
Tabla 4: Análisis de Varianza de la variable Rendimiento de Materia Verde por hectárea .....	34
Tabla 5: Análisis de Varianza de la variable Rendimiento de Materia Seca por hectárea	34
Tabla 6: Análisis de Varianza de la variable Hojas por Macollo .....	36
Tabla 7: Análisis de Varianza de la variable Área Foliar .....	37
Tabla 8: Análisis de Varianza de la variable Materia Seca .....	38
Tabla 9: Análisis de Varianza de la variable Materia Verde .....	38
Tabla 10: Análisis de Varianza de la variable Materia Seca.....	39
Tabla 11: Láminas de riego deficitarias repuestas al cultivo en cada corte .....	41
Tabla 12: Programación de riego del Pasto Mombaza.....	41
Tabla 13: Agua aplicada a cada tratamiento durante el primer corte .....	49
Tabla 14: Agua aplicada a cada tratamiento durante el segundo corte .....	50
Tabla 15: Datos climatológicos durante el mes de noviembre del 2022.....	51
Tabla 16: Datos climatológicos durante el mes de diciembre del 2022.....	52
Tabla 17: Datos climatológicos durante el mes de enero del 2023.....	53
Tabla 18: Factor de agotamiento.....	53
Tabla 19: Profundidad efectiva de las raíces para distintos cultivos .....	54
Tabla 20: Conductividad eléctrica de los diferentes sustratos de suelo .....	55

## Índice de Figuras

Figura 1: Estación metereológica del Inamhi M0162 Chone U. Católica .....	19
Figura 2: Corte de igualación del pasto Mombaza en la parcela experimental .....	56
Figura 3: Control de malezas en la parcela experimental .....	56
Figura 4: Medición de variables de Rendimiento del pasto Mombaza.....	57
Figura 5: Medición del área foliar para para pasto Mombaza .....	57

## Índice de Fórmulas

Fórmula 1: Evapotrasnpiración del cultivo medinte Pemman Moteith .....	24
Fórmula 2: Evapotranspiración del cultivo ETc .....	26
Fórmula 3: Precipitación efectiva .....	26
Fórmula 4: Balance hídrico .....	26
Fórmula 5: Agua fácilmente disponible para el cultivo .....	27
Fórmula 6: Lámina Neta .....	27
Fórmula 7: Requerimiento de lavado .....	28
Fórmula 8: Lámina total.....	28
Fórmula 9: Intervalos de riego .....	28
Fórmula 10: Lámina neta ajustada .....	29
Fórmula 11: Lámina total ajustada .....	29
Fórmula 12: Intensidad de aplicación de agua.....	30
Fórmula 13: Tiempo de riego .....	30
Fórmula 14: Rendimiento de materia seca.....	33

## Introducción

El agua es un elemento que permite un próspero desarrollo de la vida en el mundo, conllevando a buscar técnicas de preservación en relación a su demanda y procesos regenerativos por el incremento poblacional acelerado que se ha dado en las últimas décadas (Galli *et al*, 2012). Según señala Echeverría (2015) el 40% de los víveres generados a escala mundial se los obtienen utilizando sistemas de riego; donde las actividades agrarias son las que mayor consumen agua, representando un 70% del consumo total, lo cual ha conllevado a afecciones en los acuíferos debido a los productos químicos empleados (Chavarría *et al.*, 2020).

Los resultados en Ecuador entorno al empleo del patrimonio natural no son confortantes, ya que se evidencian una ineficiencia en el uso del agua, desgaste en el suelo, sequías prolongadas, lluvias intensas, etc. En Manabí se observa un deterioro en sus cuencas hidrográficas con respecto al patrimonio natural de hasta 77 tn/ha/año, donde 75% del suelo está sometido a una fuerte erosión; y en las cuencas del cantón Chone se evidencia una tasa de erosión de 17 tn/ha/año (PHIMA, 2009).

En Ecuador existe una superficie total cultivada del 57,16% de pastos (719 355 hectáreas) (Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC], 2022), que dotan de los nutrientes necesarios a la alimentación del ganado bovino que posee una representación nacional del 21,31% (Barén y Centeno, 2017; Villacis 2019); donde los aportes inadecuados de agua por parte de los productores ganaderos debido a la carencia en tecnificación han conllevado a rendimientos deficientes en la producción de biomasa, y a un desperdicio del agua (Arias, 2012). Ante esta problemática *Food and Agriculture Organisation* [FAO] (2002), menciona que, mediante investigaciones focalizadas en cultivos producidos en el medio, habrá una transformación hacia una agricultura sostenible.

Uno de los pastos cultivados a escala nacional es el Mombaza, el cual es un espécimen *Panicum máximum* de origen africano que se introdujo por primera vez en América Latina en el año 1967 (Jank,1995); siendo una planta perenne que crece en matas erguidas (macora), con una adaptabilidad a suelos bien drenados y fértiles, poco tolerante a las sequías y al frío.

Comúnmente es utilizado para pastoreo directo, heno, ensilaje e integración en sistemas silvopastoriles, requiriendo una lámina de riego anual de 800 mm, necesaria para establecer pastizales entre los 90 y 120 días, poseyendo propiedades vegetativas de hasta 2 metros de altura y de 3 cm en ancho de hoja (AGROSEMILLAS, 2021).

Siendo meritorio mencionar que el riego tecnificado es necesario en los cultivos, debido a que se dota a la planta de lo que agronómica e hidráulicamente necesita, donde debemos conocer las características del medio y del cultivo (Alarcón, 2014). Para programar el riego se debe conocer la humedad presente la cobertura terrestre, estimando el potencial hídrico (tensiómetro); equilibrando lo que la planta absorbe del suelo y lo que libera a la atmósfera. Este método se utiliza para analizar el comportamiento del agua en el suelo, indicando las condiciones climáticas como la precipitación disponible, las propiedades físicas e hidráulicas del suelo y el desarrollo de las plantas (FAO, 2008).

Requiriendo considerar en la programación de riego el coeficiente de cultivo ( $k_c$ ), que nace del estudio de las características morfológicas del pasto y aportan en la determinación de la evapotranspiración del cultivo ( $ET_c$ ), para lo cual se consideran factores meteorológicos para cada una de las etapas, tales como la inicial, de desarrollo, de mediados de temporada y de finales de temporada. La evapotranspiración de referencia presenta los diferentes puntos como son la cobertura del suelo, superficie foliar y altura del cultivo (Carrazón, 2018).

La presente investigación busca determinar la productividad del pasto Mombaza (*Panicum máximum cv. Momboza*) con volúmenes decrecientes de agua por debajo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en cortes sucesivos. Para dar cumplimiento al objetivo general se estimó la productividad del pasto mediante su producción de materia verde y materia seca, se evaluó su productividad hídrica mediante el comportamiento de la planta; y se estableció una programación de riego considerando el mejor comportamiento en relación a su producción de materia verde y materia seca.

## Materiales y Métodos

### Tipo de investigación

El tipo de investigación efectuado fue experimental cuantitativo debido a que mediante un ensayo en campo se evaluaron las características del pasto de manera numérica y descriptiva.

### Características del lugar

#### *Localización*

Se efectuó el desarrollo experimental de la investigación en el sitio Garrapata del cantón Chone, provincia de Manabí, aledaño a la estación meteorológica MA162 del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI], ubicada en la PUCE Sede Manabí Campus Chone, durante noviembre del 2022 a enero del 2023.

### Figura 1

*Estación metereológica del Inamhi M0162 Chone U. Católica*



Fuente: *GOOGLE EARTH (2023)*

### *Condiciones climatológicas*

El cantón Chone tiene dos épocas estacionales bien marcadas, durante junio a noviembre se percibe un periodo de sequías y durante diciembre a mayo se percibe una temporada de lluvias, con temperaturas oscilantes entre 21°C a 32°C.

**Tabla 1**

*Datos climatológicos promedios mensuales desde 1990 al 2013*

<b>Mes</b>	<b>Temperatura Mínima (°C)</b>	<b>Temperatura Máxima (°C)</b>	<b>Humedad Relativa (%)</b>	<b>Velocidad del viento (Km/h)</b>	<b>Insolación (horas)</b>	<b>Precipitación (mm)</b>	<b>Evaporación (mm)</b>
Enero	22,6	31,7	86	1,6	2,7	177,9	96,5
Febrero	22,9	31,0	89	1,2	2,5	323,0	84,1
Marzo	23,0	31,8	84	1,4	4,4	245,3	110,7
Abril	22,8	31,9	87	2,5	4,5	183,1	106,4
Mayo	22,6	30,9	87	1,3	3,3	61,1	94,0
Junio	21,6	29,6	88	1,3	2,5	33,3	82,5
Julio	21,1	29,5	87	1,6	2,7	19,1	87,4
Agosto	20,8	29,9	86	2,0	3,0	11,6	106,1
Septiembre	20,9	30,4	86	2,5	3,2	9,6	111,0
Octubre	21,2	30,1	85	2,3	3,1	11,7	105,9
Noviembre	21,4	30,7	84	2,0	2,7	20,1	110,1
Diciembre	22,0	30,9	81	2,0	2,4	73,9	110,6

*Fuente: INAMHI (2023)*

## **Equipos y materiales**

### ***Materiales de campo***

Pala

Machete

Tensiómetro de 15 cm

Probeta

Recipiente plástico

Flexómetro

Fertilizante

Fundas de papel

Gramera

Celular

Tijeras

### ***Materiales de oficina***

Laptop

Cuadernos

Hojas ministro

Microsoft Excel y Word

Goma

Software Petiole

Impresora

### ***Material biológico***

Obtenido del pasto Mombaza

## Características del campo experimental

### *Cultivo del pasto Mombaza (*Panicum máximum* cv. Mombaza)*

**Tabla 2**

#### *Características de la parcela.*

Numero de parcelas	3
Ancho de la parcela	3 m
Largo de parcela	3 m
Área de parcela	9 m <sup>2</sup>
Números de plantas en la parcela	9 u

## Diseño de la investigación

### *Enfoque de la investigación*

De nivel explicativo, con un enfoque experimental en campo donde se sometió al pasto Mombaza para estudiar su comportamiento en relación al agua repuesta diariamente.

### *Población*

La población de análisis comprendió 27 especímenes de pasto Mombaza, fragmentado en 3 parcelas pequeñas con 9 especímenes en cada una, y se efectuó en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí campus Chone.

### ***Tamaño de la Muestra***

La conformaron tres especímenes de pasto según cada tratamiento en estudio.

### ***Tipo de muestreo***

Se efectuó un muestreo aleatorio por cada lámina de riego en estudio de pasto Mombaza, considerando los 3 mejores especímenes en cada parcela.

### ***Técnicas de investigación***

Las técnicas de investigación fueron mediante la recopilación de documento en sitios web de publicaciones académicas y científicas de tercer y cuarto nivel para definir la metodología, misma que se implementaron mediante ensayos experimentales en campo.

### ***Instrumentos de recolección de datos***

Se recolectaron los datos meteorológicos y del cultivo como su área foliar, materia seca y materia verde; mediante documentos y fuentes bibliográficas.

### ***Tratamiento estadístico***

Se efectuó un muestreo probabilístico para comparar los datos obtenidos en las tres subunidades de muestreo en función de cada tratamiento de riego, analizando las variables continuas, mediante pruebas paramétricas al cumplir el supuesto de la distribución normal  $p < 0.05$  y la homogeneidad de la varianza, examinando el coeficiente de variación.

## Métodos

### *Variables que se consideraron en la investigación*

Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).

Evapotranspiración del cultivo (ET<sub>c</sub>).

Humedad en el suelo.

### *Estimación de las variables que considera la investigación*

#### **Evapotranspiración de referencia (ET<sub>o</sub>).**

Se determinó la Evapotranspiración de referencia mediante el método de Penman Monteith FAO56 (FAO, 2008).

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)}$$

*Fórmula 1. Evapotranspiración del cultivo mediante Penman Monteith.*

Donde:

**ET<sub>o</sub>** = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

**R<sub>n</sub>** = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m<sup>2</sup>/día)

**G** = Densidad de flujo de calor del suelo (MJ/m<sup>2</sup>/día)

**T** = Temperatura del aire de 2m de altura °C

**U<sub>2</sub>** = Velocidad de viento a 2m de altura (m/s)

$e_s$  = Presión de vapor de saturación (KPa)

$e_a$  = Presión real del vapor (KPa)

$e_s - e_a$  = Déficit de presión de vapor (KPa)

$\Delta$  = Bajada de la curva de presión de vapor (KPa / °C)

$y$  = Constante psicométrica (KPa/°C)

### **Humedad en el suelo.**

Se estableció el régimen de humedad presente en el suelo empleando tensiómetros agrícolas con profundidades de 15 cm, donde se recopiló de forma diaria las lecturas en campo después de cada jornada de riego (Smaj y Harrison, 2011).

### **Tabla 3**

*Relación lectura de tensiómetro – condiciones de humedad de suelo*

<b>Lectura de tensiómetro en centibales (CBR o PSI)</b>	<b>Condiciones Húmedas del Suelo</b>
0 a 10	Saturado por riego reciente
10 a 25	Capacidad de campo
25 a 50	Humedad intermedia, buena disponibilidad de agua
50 a 80	Debería regarse

Fuente: Briceño, Álvarez, y Barahona, 2012.

### **Diseño agronómico para el riego.**

Se efectuó un diseño agronómico mediante el coeficiente Kc del pasto Mombaza y ETo recopilado en el lisímetro de drenaje (FAO, 2008).

#### ***Evapotranspiración del cultivo (ETc).***

$$\mathbf{ETc} = ETo Kc$$

*Fórmula 2: Evapotranspiración del cultivo ETc.*

#### **Donde:**

**ETc** = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

**Kc**= Coeficiente de los cultivos (adimensional)

**ETo**= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

#### ***Precipitación efectiva.***

$$\mathbf{Pe} = 0.8 P - 25 \quad P > 75 \text{ mm}$$

$$\mathbf{Pe} = 0.6 P - 10 \quad P < 75 \text{ mm}$$

*Fórmula 3: Precipitación efectiva.*

#### **Donde:**

**Pe**= Precipitación efectiva (mm).

**P**= Precipitación (mm).

#### ***Balance hídrico.***

$$\mathbf{BH} = ET_C - P_e$$

*Fórmula 4: Balance hídrico.*

**Donde:**

**BH** = Balance Hídrico (mm).

**ET<sub>c</sub>** = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

**P<sub>e</sub>** = Precipitación efectiva (mm).

*Agua fácilmente disponible para el cultivo.*

$$\mathbf{AFC} = \frac{C_c - P_m}{100} D_a \text{ Prec}$$

*Fórmula 5: Agua fácilmente disponible para el cultivo.*

**Donde:**

**AFC** = Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm).

**C<sub>c</sub>** = Capacidad Campo (%).

**P<sub>m</sub>** = Punto de Matriz (%).

**D<sub>a</sub>** = Densidad Aparente.

**Prec** = Profundidad radicular del cultivo (mm).

*Lámina neta.*

$$\mathbf{Ln} = \mathbf{AFD} \cdot \mathbf{FAC}$$

*Fórmula 6: Lámina Neta.*

**Donde:**

**Ln** = Lamina Neta (mm).

**AFC** = Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm).

**FAC** = Factor de Agotamiento.

***Requerimiento de lavado.***

$$\mathbf{RL} = \frac{\mathbf{CEa}}{5(\mathbf{CEe} - \mathbf{CEa})}$$

*Fórmula 7: Requerimiento de lavado.*

**Donde:**

**RL** = Requerimiento de lavado, expresado en tanto por uno.

**CEa** = Conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m).

**CEe** = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (dS/m).

***Lamina total.***

$$\mathbf{LT} = \frac{\mathbf{Ln}}{\mathbf{Ea} (1 - \mathbf{RL})}$$

*Fórmula 8: Lámina total.*

**Donde:**

**Lt** = Lamina Total (mm).

**Ln** = Lamina Neta (mm).

**Ea** = Eficiencia del sistema de riego utilizado.

**RL** = Requerimiento del lavado.

***Intervalo de riego.***

$$\mathbf{Ir} = \frac{\mathbf{Ln}}{\mathbf{ET}_c \text{ diarios}}$$

*Fórmula 9: Intervalos de riego.*

**Donde:**

**Ir** = Intervalo de Riego (mm).

**Ln** = Lamina Neta (mm).

**ETc diarios** = Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/día).

*Lamina neta ajustada.*

$$\mathbf{Ln_{ajustada}} = \mathbf{ET_{c \text{ diarios}}} \mathbf{Ir_{ajustado}}$$

*Fórmula 10: Lámina neta ajustada.*

**Donde:**

**Ln ajustada** = Lámina Neta Ajustada (mm/riego).

**ETc diarios** = Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/día).

**Ir ajustado** = Intervalo de Riego ajustado (día).

*Lámina total ajustada.*

$$\mathbf{Lt_{ajustada}} = \frac{\mathbf{Ln_{ajustada}}}{\mathbf{Ea (1 - RI)}}$$

*Fórmula 11: Lámina total ajustada.*

**Donde:**

**Lt ajustada** = Lamina Total Ajustada (mm).

**Ln ajustada** = Lámina Neta Ajustada (mm).

**Ea** = Eficiencia del sistema de riego utilizado.

**RI** = Requerimiento del lavado.

***Intensidad de aplicación de agua.***

$$\mathbf{Iap} = \frac{Qa}{Ea El}$$

***Fórmula 12: Intensidad de aplicación de agua.***

**Donde:**

**Iap** = Intensidad de aplicación (mm/h).

**Qa** = Caudal del aspersor expresado (l/h).

**Ea** = Espaciamiento entre aspersores (m).

**El** = Espaciamiento entre laterales (m).

***Tiempo de riego.***

$$\mathbf{Tr} = \frac{Lt \text{ ajustada}}{Lap \text{ emisor}}$$

***Fórmula 13: Tiempo de riego.***

**Donde:**

**Tr** = Tiempo de riego (h).

**Lt ajustada** = Lamina Total Ajustada (mm).

**Lap emisor** = Aporte del emisor.

## **Manejo del ensayo**

### ***Recolección del sustrato***

Se excavó 20 cm del suelo para conseguir el sustrato sin presencia de materia orgánica (Farías, 2021).

### ***Llenado de fundas plásticas***

Se llenaron 27 fundas de 27 cm de alto, con 95 cm a la redonda y 8 cm de borde libre mediante el suelo recopilado en campo (Farías, 2021).

### ***Siembra***

Se emplearon cepas de pasto Mombaza de 10 cm de altura, mismas que fueron sembradas en fundas plásticas a una profundidad de 15 cm, distribuidas en campo a 1 m entre y sobre hileras (Farías, 2021).

### ***Riego***

Se efectuó el riego diariamente de forma manual, en relación de las condiciones de evapotranspiración en la zona de estudio y del consumo biológico del cultivo en el día anterior (Reyes, 2021).

### ***Control de malezas***

Se controló la maleza de forma manual para evitar que altere la integridad del ensayo.

### ***Control de plagas***

Se empleo Clorpirifos en dosis de 50 ml por cada bomba de 20 lt, cuando empezaron a aparecer síntomas de brotes ajenos al ensayo.

### ***Cosecha***

Se desarrolló el corte de igualación al término del día 25 en la última etapa de desarrollo fenológico del pasto.

### ***Volúmenes de agua de las diferentes programaciones de riego***

Se basó en función de la evapotranspiración de referencia ETo de la comunidad Garrapata y del Kc del cultivo en sus diversas etapas (Muñoz, 2022).

### ***Toma de datos en el área experimental***

Se levantó la información cada 24 horas en el lugar experimental para conocer los datos de evapotranspiración de referencia, evapotranspiración del cultivo y la humedad del suelo mediante los tensiómetros (Muñoz, 2022).

### ***Humedad del suelo***

Se emplearon tensiómetros de 15 cm de profundidad para recopilar los datos del movimiento de agua en el suelo de las fundas con cepas de pasto Mombaza (Muñoz, 2022).

## **Variables evaluadas**

### ***Rendimiento de materia verde***

Para medir el rendimiento en materia verde, se cosechó el pasto Mombaza en el día 25 desde su corte de igualación, seleccionando tres plantas por cada lámina de riego (100%, 95%, 90%), fragmentando cada planta en hojas, tallos y material muerto; para controlar el peso de la biomasa se empleó una gramera digital, pesándose en gramos (gr) el material.

### ***Rendimiento de materia seca***

Para medir el rendimiento en materia seca, se cosechó el pasto Mombaza en el día 25 desde su corte de igualación, se seleccionó una muestra de 100 gr de hojas y tallos fragmentados en una bolsa de papel para que no pierda la humedad, donde posteriormente se colocó en una estufa con temperatura oscilante de 60-105 °C por 48 horas, para eliminar la humedad presente en la muestra y conocer el valor de la materia seca. Con estos resultados se calculó el porcentaje de materia en la muestra empleando la siguiente formula:

$$MS = \frac{PS \ 100}{PH}$$

***Fórmula 14: Rendimiento de materia seca***

### ***Área foliar***

Se obtuvieron datos del área foliar de las hojas de cada planta, ubicándolas sobre una hoja blanca con superficie firme como base, mediante la aplicación Petiole se midió el área de las hojas con la cámara fotográfica del teléfono, tomando medidas de cada hoja por tallo presente en la planta; finalmente se sumaron los valores para obtener el valor total de cada espécimen de pasto.

## Resultados y Discusión

Se efectuó el análisis del Pasto (Mombaza) mediante el estudio de su comportamiento después de cada corte de igualación, efectuados uno al día 23, y otro 25 días después, donde se analizó su comportamiento en relación a las láminas de riego repuestas en porcentajes del 100%, 95% y 90% de la evapotranspiración del cultivo diaria (ETc).

En correspondencia al rendimiento en materia verde por hectárea como se observa en la tabla 4, en el primer y segundo corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 100% de la ETc, se destaca con el promedio de 1749,75 kg por hectárea, siendo estadísticamente igual a la lámina del 100%; en el segundo corte la lámina de riego al 100% de la ETc, se destaca con el promedio de 1914,35 kg por hectárea, siendo estadísticamente igual a la lámina de riego del 100%.

**Tabla 4**

*Análisis de Varianza de la variable Rendimiento de Materia Verde por hectárea*

	Corte 1				Corte 2				
	p = 0.28				p = 0.23				
Tratamiento	100%	95%	90%	CV (%)	Tratamiento	100%	95%	90%	CV(%)
Media	1749,75	1622,98	1593,26	8,28	Media	1914,35	1763,58	1732,43	8,23
	A	A	A		A	A	A		

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

En relación al rendimiento en materia seca por hectárea como se observa en la tabla 5, en el primer corte se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), mientras que en el segundo corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 95% de la ETc, posee el mayor promedio con 496,63 kg por hectárea, mientras que el menor

promedio lo consiguió la lámina de riego al 90% con 481,20 kg por hectárea, no siendo estadísticamente igual a la lámina del 100%; en el segundo corte la lámina de riego al 95% de la ETc, se destaca con 560,76 kg por hectárea, siendo estadísticamente igual a la lámina de riego del 100%.

**Tabla 5**

*Análisis de Varianza de la variable Rendimiento de Materia Seca por hectárea*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
p = 0.0001				p = 0.89			
Media	493,04	496,63	481,20	Media	555,78	560,76	546,41
	B	A	C		A	A	A
			0,20				7,85

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

La productividad del Pasto Mombaza evaluada en relación al rendimiento en materia verde y materia seca por hectárea, señalan que es directamente proporcional a la cantidad de agua repuesta al cultivo de manera deficitaria, guardando relación con los resultados obtenidos dentro de los cortes de igualación en el día 23, y el efectuado 25 días después. Destacándose que en ambos cortes se puede trabajar con una lámina de riego deficitaria del 95% y 90%, y la planta tendrá la cantidad de agua suficiente para cumplir sus funciones fisiológicas sin reducir su producción en materia verde y aumentar su producción en materia seca por hectáreas.

Los resultados obtenidos en relación al rendimiento en Materia Verde y Materia Seca, concuerdan en orden de magnitud con lo manifestado por Díaz y Manzanares (2006), mencionando que en cortes de igualación cada 22 días se obtienen valores de producción promedio en materia verde de 3 771 kg por hectárea, y en Materia Seca de 843 kg por hectárea; y

con lo indicado por Calderón y Rivera (2018), quienes manifiestan que a mayor lámina de riego la productividad del pasto incrementa, y a medida que se va reduciendo disminuye.

Para evaluar la productividad hídrica del pasto Mombaza mediante el comportamiento de la planta, se efectuó un análisis en ambos cortes sobre su comportamiento en número de hojas por macollo, área foliar, producción en materia seca, eficiencia de uso del agua en materia verde y eficiencia de uso del agua en materia seca. En la evaluación del número de hojas por macollo como se observa en la tabla 6, en el primer y segundo corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 100% de la ETc, se destaca con el promedio de 249 unidades, siendo estadísticamente igual a la lámina del 100%; en el segundo corte la lámina de riego al 100% de la ETc, se destaca con el promedio de 270 unidades, siendo estadísticamente igual a la lámina de riego del 100%.

**Tabla 6**

*Análisis de Varianza de la variable Hojas por Macollo*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
$p = 0.44$				$p = 0.44$			
Media	249,00	235,50	231,25	Media	270,00	255,50	250,75
	A	A	A		A	A	A
			8,24				8,21

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

En relación al área foliar como se observa en la tabla 7, en el primer corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), y en el segundo corte si se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 95% de la ETc, se destaca con el promedio con 2146,60 cm<sup>2</sup>

por macollo, siendo estadísticamente igual a la lámina del 100%; en el segundo corte la lámina de riego al 95% de la ETc, posee el mayor promedio con 2786,65 cm<sup>2</sup> por macollo, mientras que el menor promedio lo consiguió la lámina de riego al 100% con 847,55 cm<sup>2</sup> por macollo.

**Tabla 7**

*Análisis de Varianza de la variable Área Foliar*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
p = 0.51				p = 0.0002			
Media	1975,14	2146,60	1718,70	Media	847,55	2786,65	3562,50
	A	A	A		B	A	A
			26,04				23,32

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

En relación al porcentaje de área seca obtenida en una muestra de 100 gr de pasto Mombaza como se observa en la tabla 8, en el primer y segundo corte se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 90% de la ETc, posee el mayor promedio con 30% de materia seca, mientras que el menor promedio lo consiguió la lámina de riego al 100% con 27,83% de materia seca; en el segundo corte la lámina de riego al 95% de la ETc, posee el mayor promedio con 31,81% de materia seca, mientras que el menor promedio lo consiguió la lámina de riego al 100% con 29,10% de materia seca.

**Tabla 8***Análisis de Varianza de la variable Materia Seca*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
<b>p = 0.01</b>				<b>p = 0.0017</b>			
Media	27,83	31,00	30,00	Media	29,10	31,81	31,53
	B	A	AB		B	A	A
			3,93				2,58

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

En relación a la producción de materia verde como se observa en la tabla 9, en el primer y segundo corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0,05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 95% de la ETc, se destaca con el promedio de  $0,01910 \text{ m}^3/\text{kg}$ , siendo estadísticamente igual a la lámina de 100%; en el segundo corte la lámina de riego al 95% de la ETc, se destaca con el promedio de  $0,018 \text{ m}^3/\text{kg}$ , siendo estadísticamente igual a la lámina de 100%.

**Tabla 9***Análisis de Varianza de la variable Materia Verde*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
<b>p = 0.86</b>				<b>p = 0.84</b>			
Media	0,01874	0,01910	0,01850	Media	0,01754	0,01800	0,01743
	A	A	A		A	A	A
			8,27				8,28

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

En relación a la producción de materia seca que se observa en la tabla 10, en el primer corte se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p < 0.05$ ), y en el segundo corte no se presentó la existencia de variaciones significativas entre los tratamientos ( $p > 0.05$ ), donde en el primer corte la lámina de riego al 100% de la ETc, posee el mayor promedio con  $0,06604 \text{ m}^3/\text{kg}$ , mientras que el menor promedio lo consiguió la lámina de riego al 90% con  $0,06090 \text{ m}^3/\text{kg}$ ; en el segundo corte la lámina de riego al 100% de la ETc, se destaca con el promedio de  $0,06028 \text{ m}^3/\text{kg}$ , siendo estadísticamente igual a la lámina de 100%.

**Tabla 10**

*Análisis de Varianza de la variable Materia Seca*

Corte 1				Corte 2			
T1	T2	T3	CV	T1	T2	T3	CV
100%	95%	90%	(%)	100%	95%	90%	(%)
$p = 0.0001$				$p = 0.30$			
Media	0,06604	0,06228	0,06090	Media	0,06028	0,05658	0,05532
	A	B	C		A	A	A
			0,21				7,60

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ )*

Se analizó la productividad del pasto Mombaza en relación al agua repuesta mediante un riego deficitario y su comportamiento fisiológico, observándose que en ambos cortes al aplicar una lámina de riego deficitaria del 95% y 90% del valor diario de evapotranspiración del cultivo (ETc), se mantuvo su producción, siendo estadísticamente igual que al aplicar una lámina de riego del 100%; en correspondencia a la producción de área foliar por macollo se observa que en el corte 1 al aplicar una lámina de riego deficitaria del 95% y 90% se mantiene su producción, siendo estadísticamente igual que al aplicar una lámina de riego del 100%; finalmente en ambos cortes se observa que con respecto al porcentaje de área seca, entre mayor sea la lámina de riego

aplicada este porcentaje disminuirá. Los resultados señalan que se puede disminuir su lámina de riego hasta el 90% del valor de ETc, y la planta no disminuirá su productividad.

Resultados que concuerdan con los obtenidos por Rendón y Villeda (2017), quienes mencionan que no existen diferencias significativas en el desempeño productivo del pasto al aplicar láminas de riego deficitarias por debajo del 90% del ETc, pero según manifiesta Santistevan (2023), a medida que se efectúan los cortes de igualación se incrementan la producción de materia seca.

Se observa que el mejor comportamiento del pasto en ambos cortes en cuanto a la eficiencia en el uso del agua en materia verde se dio al aplicar una lámina de riego del 95%, y en cuanto a materia seca se dio al aplicar una lámina de riego del 100%. Resultando conveniente efectuar una programación de riego considerando una reposición de lámina deficitaria del 95%, ya que la planta aprovechará eficientemente el agua y no reducirá su producción. Guardando relación con lo mencionado por Palacios *et al* (2020), quienes señalan que la eficiencia con respecto al uso del agua ayuda a mejorar la productividad del cultivo, produciendo mayor materia seca que agua transpirada.

Se estableció el riego del pasto Mombaza de forma diaria en relación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) considerando su reposición en láminas del 100%, 95% y 90% de forma manual ayudado de probetas milimétricas, presentándose en la tabla 11 los valores repuestos.

**Tabla 11**

*Láminas de riego promedios repuestas al cultivo en cada corte.*

	<b>Riego 100% (mm)</b>	<b>Riego Deficitario 95% (mm)</b>	<b>Riego Deficitario 90% (mm)</b>
<b>Corte 1</b>	3,26	3,09	2,93
<b>Corte 2</b>	3,67	3,49	3,31

En la tabla 12 se visualiza el diseño agronómico para el riego de pasto Mombaza por aspersión en época seca. Para lo cual se consideraron en su programación los parámetros agronómicos e hidrofílicos del suelo en la zona de investigación, destacándose la capacidad de campo, densidad aparente y punto de marchites.

**Tabla 12**

*Programación de riego del Pasto Mombaza*

<b>Meses</b>	<b>ET<sub>o</sub> (mm/día)</b>	<b>K<sub>c</sub></b>	<b>ET<sub>c</sub> (mm/día)</b>	<b>P (mm)</b>	<b>Pe (mm)</b>		<b>RAD (mm)</b>	<b>LN (mm)</b>	<b>RL</b>	<b>LT (mm)</b>
					<b>MES</b>	<b>DÍA</b>				
Noviembre	2,86	1,26	3,42	-	-	-				
Diciembre	2,72	1,26	3,26	-	-	-	70,42	21,13	0,06	29,96
Enero	2,40	1,26	2,87	-	-	-				

<b>FR ajustado (días)</b>	<b>FR (mm)</b>	<b>LN ajustada (mm)</b>	<b>LT ajustada (mm)</b>	<b>Iap (mm/horas)</b>	<b>Tr (horas)</b>
5	8,76	17,09	24,31		6,42
5	9,21	16,28	23,15	3,79	6,11
5	10,43	14,36	20,43		5,39

Es necesario considerar en el diseño agronómico de riego por aspersión las condiciones del emisor, siendo este de impacto, con una emisión de caudal de 1050 l/h, un diámetro de mojado de 25,63 m, y un espaciamiento de 16,66 m entre laterales, otorgándole una intensidad de riego al pasto Mombaza cada cinco días, según la frecuencia ajustada. En la zona de intervención la conductividad eléctrica del agua a emplear fue de 0.37 dS/m, con un requerimiento de lavado de 0.06. Se estimó que la lámina de riego total ajustada para el pasto Mombaza fue de 24,31 mm durante noviembre, 23,15 mm durante diciembre y 20,43 mm durante enero, con una intensidad de aplicación de 3,79 mm/h. Donde los tiempos de riego para cada mes son de 6,42 h durante noviembre, 6,11 h durante diciembre y 5,39 h durante enero.

## Conclusiones

La productividad del Pasto Mombaza es directamente proporcional a la cantidad de agua repuesta, donde las láminas de riego deficitarias del 95% y 90% le permitirán a la planta satisfacer sus necesidades hídricas sin reducir sus funciones fisiológicas.

No existe diferencia significativa en el desempeño productivo del pasto Mombaza al aplicar láminas de riego deficitarias de hasta el 90% de la evapotranspiración del Cultivo, pero a medida que se efectúan varios cortes de igualación se incrementan la producción de materia seca.

Se puede garantizar la eficiencia en el uso del agua en el pasto Mombaza sin reducir su producción, al regar con una lámina de riego deficitaria de hasta el 95% de la evapotranspiración del cultivo.

## Bibliografía

- AGROSEMILLAS. (2021). *Panicum maximum CV. MOMBASA*. Obtenido de:  
<https://agrosemillas.com.co/producto/panicum-maximum-cv-mombasa/>
- Alarcón, R. (2014). *Production like food for the bovine livestock with sprinkling irrigation of low intensity*. Obtenido de: Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias.
- Arias, L. (2012). *Comportamiento agronómico y valor nutricional de tres variedades de pastos Pennisetum para corte en la zona de Pichilingue provincia de Los Ríos. Babahoyo, Ecuador*. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo:  
<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/252>
- Barén, J., y Centeno, L. (2017). *Valores nutritivos del pasto Cuba OM-22 (Pennisetum purpureum x Pennisetum glaucum), sometido a cuatro intervalos de corte en el valle del río Carrizal*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/649/1/TA70.pdf>
- Briceño, M., Álvarez, F., y Barahona, U. (2012). *Manual Técnico de Riego con Énfasis en Riego por Goteo, Programa de Manejo Integrado de Plagas en América*. Obtenido de: Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 122p
- Calderón, M., y Rivera, R. (2018). *Efecto del riego deficitario mediante riego por aspersión en el rendimiento del pasto Cynodon dactylon*. Obtenido de Revista ESPAMCIENCIA:  
[http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista\\_ESPAMCIENCIA/article/view/158](http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/158)
- Carrazón, J. (2018). *Manual práctico para el diseño de sistemas de mini riego*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-at787s.pdf>

Chavarría, J., Ramirez, J., Zambrano, J., Bravo, R., y Párraga, L. (2020). *Coefficiente del cultivo de Vigna unguiculata L. Walp. para períodos secos y lluviosos en el valle del río Chone.*

Obtenido de La Técnica, revista de las Agrociencias:

<https://revistas.utm.edu.ec/index.php/latecnica/article/view/2839/3148>

Díaz, J., y Manzanares, E. (2006). *Producción de biomasa de "Panicum Maximum" cv*

*Mombaza a tres frecuencias de corte y dos condiciones ambientales (con y sin árboles), en la Hacienda "Las Mercedes", UNA, Managua, Nicaragua.* Obtenido de Universidad

Nacional Agraria de Nicaragua, facultad de Ciencia Animal:

<https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01d542p.pdf>

Echeverría, H. (2015). *El rol central de la innovación en la sostenibilidad del recurso hídrico.*

Obtenido de Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura de Chile

– FIA: <https://www.fia.cl/aguas-arriba-el-rol-central-de-la-innovacion-en-la-sostenibilidad-del-recurso-hidrico/>

Farías, J. (2021). *Influencia de diferentes programaciones de riego sobre cortes sucesivos de pasto King Grass morado.* (Tesina de titulación no publicada). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Chone.

Food and Agricultura Organization [FAO]. (2002). *El agua y la agricultura.* Obtenido de:

<http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/Y6899S.htm>

Food and Agricultura Organization [FAO]. (2008). *Evapotranspiración del cultivo.* Obtenido de:

<http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>

Galli, A, Wiedmann, T., Ervin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., y Giljum, S. (2012). *Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators.*

Obtenido de Definition and role in tracking human pressure on the planet. 100 -112.

Ecological Indicators:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X11001889#:~:text=Bringing%20Ecological%2C%20Carbon%20and%20Water,as%20well%20as%20a%20better>

GOOGLE EARTH. (2023). *Ubicación geográfica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí (PUCEM) Campus Chone*. Obtenido de:

<https://earth.google.com/web/@-0.63099404,-80.03701319,32.01283979a,477.53869495d,35y,0h,0t,0r>

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI]. (2023). *Publicaciones*

*metereológica*. Obtenido de Biblioteca INAMHI: <https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/>

Instituto Nacional de Estadísticas y Censo [INEC]. (abril del 2022). *Encuesta de Superficie y*

*Producción Agropecuaria Continua*. Obtenido de superficie lo labor de riego 2021:

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC\\_2021.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2021/Principales%20resultados-ESPAC_2021.pdf)

Jank, L. (1995). *Melhoramento e seleção de variedades de Panicum maximum* . Obtenido de

Simpósio sobre manejo da pastagem, anais. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz. Piracicaba, Brasil: <https://core.ac.uk/download/pdf/33884013.pdf>

Muñoz, D. (2022). *Influencia de dos volúmenes de agua por debajo de la evapotranspiración del cultivo sobre cortes sucesivos de pasto Mombaza (Panicum máximo cv. Momboza)*.

(Tesina de titulación no publicada). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Chone.

- Palacios, E., Palacios, L., y Espinoza, J. (2020). *Evaluación de la eficiencia del uso del agua en la agricultura apoyada por imágenes satelitales*. Obtenido de tecnología y ciencias del agua, Scielo: <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2018-01-02>
- Pennsylvania Health Information Management Association [PHIMA]. (2009). *Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí*. Obtenido de: <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea40s/ch03.htm>
- Rendón, C., y Villeda, B. (2017). *Evaluación de parámetros productivos y agronómicos del pasto Mombaza con cuatro periodos de aplicación de fertilizantes en la época de verano*. Obtenido de Zamorano, carrera de Ingeniería Agronómica: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/296f8853-a14e-4882-9588-615de2ac433a/content>
- Reyes, J. (2021). *Estimación del consumo hídrico del pasto King Grass morado sometido a cosechas sucesivas*. (Tesina de titulación no publicada). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Chone.
- Santistevan, J. (2023). *Producción de biomasa y calidad nutricional del pasto Mombaza Panicum máximum, Jacq. CV. Mombaza con diferentes frecuencias de corte en Manglaralto, Santa Elena*. Obtenido de Repositorio DSpace: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9616>
- Smaj, S., y Harrison, D. (2011). *Tensiometers for soil moisture measurement and irrigation scheduling*. Obtenido de: [https://awqa.org/wp-content/toolkits/IrrigationScheduling/TensiometerDescription\\_UnivFla.pdf](https://awqa.org/wp-content/toolkits/IrrigationScheduling/TensiometerDescription_UnivFla.pdf)

Villacis, J. (2019). Utilización de gramíneas y leguminosas para la producción del ganado bovino. Obtenido de Universidad Técnica de Babahoyo:

<http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/6878/E-UTB-FACIAG-MVZ-000019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

## Anexos

Tabla 13

*Agua aplicada a cada tratamiento durante el primer corte.*

DÍA	Evapotranspiración de referencia	Volumen de agua por metro cuadrado	Volumen de agua por funda	Coeficiente de cultivo	Evapotranspiración del cultivo	Riego	Riego deficitario	Riego deficitario
	ET <sub>o</sub> mm/día	VAMC litros	VAF litros	KC	ET <sub>c</sub> mm/día	100% ET <sub>c</sub>	95% Etc (mm/día)	90% ETC (mm/día)
1	2,4	2,40	0,100	1,26	0,126	0,173	0,119	0,113
2	3,3	3,30	0,137	1,26	0,173	0,110	0,164	0,155
3	3,7	3,70	0,154	1,26	0,194	0,188	0,184	0,174
4	3,2	3,20	0,133	1,26	0,168	0,141	0,159	0,151
5	3,0	3,00	0,125	1,26	0,157	0,168	0,149	0,141
6	3,1	3,10	0,129	1,26	0,162	0,110	0,154	0,146
7	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,120	0,104	0,099
8	3,5	3,50	0,145	1,26	0,183	0,141	0,174	0,165
9	2,6	2,60	0,108	1,26	0,136	0,120	0,129	0,122
10	3,5	3,50	0,145	1,26	0,183	0,194	0,174	0,165
11	2,2	2,20	0,091	1,26	0,115	0,241	0,109	0,104
12	2,8	2,80	0,116	1,26	0,147	0,230	0,139	0,132
13	2,3	2,30	0,096	1,26	0,120	0,115	0,114	0,108
14	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,194	0,104	0,099
15	3,5	3,50	0,145	1,26	0,183	0,131	0,174	0,165
16	2,4	2,40	0,100	1,26	0,126	0,215	0,119	0,113
17	2,3	2,30	0,096	1,26	0,120	0,110	0,114	0,108
18	2,4	2,40	0,100	1,26	0,126	0,147	0,119	0,113
19	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,152	0,104	0,099
20	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,115	0,104	0,099
21	3,1	3,10	0,129	1,26	0,162	0,110	0,154	0,146
22	2,2	2,20	0,091	1,26	0,115	0,110	0,109	0,104
23	2,3	2,30	0,096	1,26	0,120	0,105	0,114	0,108
						<b>3,67</b>	<b>3,49</b>	<b>3,31</b>

Tabla 14

*Agua aplicada a cada tratamiento durante el segundo corte.*

DÍA	Evapotranspiración de referencia	Volumen de agua por metro cuadrado	Volumen de agua por funda	Cofici ente de cultivo	Evapotrans -piración del cultivo	Riego	Riego deficitario	Riego deficitario
	ET <sub>o</sub>	VAMC	VAF	KC	ET <sub>c</sub>	100% ET <sub>c</sub>	95% ET <sub>c</sub> (mm/día)	90% ET <sub>c</sub> (mm/día)
	mm/día	litros	litros		mm/día			
1	3,3	3,30	0,137	1,26	0,173	0,173	0,164	0,155
2	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,110	0,104	0,099
3	3,6	3,60	0,150	1,26	0,188	0,188	0,179	0,170
4	2,7	2,70	0,112	1,26	0,141	0,141	0,134	0,127
5	3,2	3,20	0,133	1,26	0,168	0,168	0,159	0,151
6	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,110	0,104	0,099
7	2,3	2,30	0,096	1,26	0,120	0,120	0,114	0,108
8	2,7	2,70	0,112	1,26	0,141	0,141	0,134	0,127
9	2,3	2,30	0,096	1,26	0,120	0,120	0,114	0,108
10	3,7	3,70	0,154	1,26	0,194	0,194	0,184	0,174
11	4,6	4,60	0,191	1,26	0,241	0,241	0,229	0,217
12	4,4	4,40	0,183	1,26	0,230	0,230	0,219	0,207
13	2,2	2,20	0,091	1,26	0,115	0,115	0,109	0,104
14	3,7	3,70	0,154	1,26	0,194	0,194	0,184	0,174
15	2,5	2,50	0,104	1,26	0,131	0,131	0,124	0,118
16	4,1	4,10	0,170	1,26	0,215	0,215	0,204	0,193
17	2,1	2,10	0,087	1,26	0,110	0,110	0,104	0,099
18	2,8	2,80	0,116	1,26	0,147	0,147	0,139	0,132
19	2,9	2,90	0,120	1,26	0,152	0,152	0,144	0,137
20	2,2	2,20	0,091	1,26	0,115	0,115	0,109	0,104
21	2	2,10	0,087	1,26	0,110	0,110	0,104	0,099
22	2,2	2,10	0,087	1,26	0,110	0,110	0,104	0,099
23	2	2,00	0,083	1,26	0,105	0,105	0,099	0,094
						<b>3,26</b>	<b>2,77</b>	<b>2,60</b>

**Tabla 15***Datos climatológicos durante el mes de noviembre del 2022.*

Noviembre						
FECHA	PP (mm)	Temp. Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	HR (%)	Vv (m/s)	Horas Sol
15/11/22	0,00	28,00	19,20	78	1,50	0,40
16/11/22	0,00	32,00	19,00	86	0,99	5,00
17/11/22	0,00	31,20	19,20	79	0,99	6,30
18/11/22	0,00	32,40	19,20	79	0,99	4,29
19/11/22	0,00	32,30	19,04	80	0,99	3,20
20/11/22	0,00	31,80	18,20	80	1,50	3,47
21/11/22	0,00	29,80	19,20	88	1,50	0,00
22/11/22	0,00	33,40	19,00	87	1,50	5,17
23/11/22	0,00	31,20	19,20	87	0,99	1,88
24/11/22	0,00	32,80	18,40	85	2,99	5,05
25/11/22	0,00	29,60	20,00	86	1,50	0,12
26/11/22	0,00	29,40	20,00	79	2,24	1,35
27/11/22	0,00	30,00	20,20	88	1,50	0,76
28/11/22	0,00	27,80	20,00	89	1,50	0,70
29/11/22	0,00	33,20	19,20	79	0,99	5,05
30/11/22	0,00	29,80	20,00	84	1,50	0,76
<b>PROMEDIO</b>	0,04	30,08	17,67	82	1,45	2,72

**Tabla 16***Datos climatológicos durante el mes de diciembre del 2022.*

Diciembre						
FECHA	PP (mm)	Temp. Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	HR (%)	Vv (m/s)	Horas Sol
1/12/2022	0,00	27,00	20,00	80	1,50	0,00
2/12/2022	0,00	30,00	20,00	89	1,49	1,47
3/12/2022	0,00	30,00	20,00	96	0,99	0,73
4/12/2022	0,00	29,00	20,00	83	0,99	0,00
5/12/2022	0,00	32,80	20,00	79	0,99	3,52
6/12/2022	0,00	27,80	20,00	79	1,50	0,00
7/12/2022	0,00	28,60	20,00	84	1,50	0,47
8/12/2022	0,00	31,00	20,00	80	1,50	4,30
9/12/2022	0,00	31,00	20,00	85	0,00	0,70
10/12/2022	0,00	33,20	20,00	77	1,50	4,80
11/12/2022	0,00	30,00	20,20	79	0,99	2,00
12/12/2022	0,00	32,00	20,00	88	1,50	5,00
13/12/2022	0,00	26,80	20,00	87	1,50	0,00
14/12/2022	0,00	31,20	20,20	88	0,99	1,18
15/12/2022	0,00	30,00	18,40	84	1,50	2,12
16/12/2022	0,00	30,00	19,00	82	1,50	0,94
17/12/2022	0,00	32,20	19,00	83	0,99	6,70
18/12/2022	0,00	32,40	19,20	72	0,99	9,64
19/12/2022	0,00	31,40	20,00	83	0,99	9,64
20/12/2022	0,00	30,00	20,00	84	0,99	0,59
21/12/2022	0,00	32,20	20,20	73	1,99	4,50
22/12/2022	0,00	32,20	20,40	83	0,99	1,47
23/12/2022	0,00	32,40	19,20	73	0,99	7,58
24/12/2022	0,00	28,40	20,20	85	0,99	0,00
25/12/2022	0,00	31,00	21,20	81	0,99	2,50
26/12/2022	0,00	29,00	21,20	86	1,50	3,50
27/12/2022	0,00	29,20	19,20	82	0,99	0,00
28/12/2022	0,00	30,20	21,00	85	0,99	3,50
29/12/2022	0,00	29,20	21,20	83	0,99	0,00
30/12/2022	0,00	28,00	20,20	86	0,99	0,00
31/12/2022	0,00	31,00	21,20	83	0,99	0,00
<b>PROMEDIO</b>	0,04	30,30	20,04	82	1,17	2,48

**Tabla 17**

*Datos climatológicos durante el mes de enero del 2023.*

Diciembre						
FECHA	PP (mm)	Temp. Máx (°C)	Temp. Mín (°C)	HR (%)	Vv (m/s)	Horas Sol
01/01/2023	0,00	33,00	20,00	63	0,99	7,80

**Tabla 18**

*Factor de agotamiento*

Cultivo	f	Cultivo	f
Alfalfa.....	0,60	Limonero.....	0,25
Aguacate.....	0,30	Maíz grano.....	0,40
Apio.....	0,15	Melón cantaloupe.....	0,20
Brécol.....	0,30	Naranja.....	0,35
Caña de azúcar.....	0,60	Patata.....	0,30
Cebolla.....	0,30	Platanera.....	0,30
Cebolla maduración.....	0,40	Prados.....	0,35
Coliflor.....	0,45	Remolacha.....	0,50
Fresa.....	0,10	Repollo.....	0,35
frutales hoja caduca.....	0,40	Gramíneas.....	0,30
Guisantes de verdeo.....	0,25	Tomate.....	0,45
Judía.....	0,50	Viñedo.....	0,55
Lechuga.....	0,35	Zanahoria.....	0,40

**Tabla 19***Profundidad efectiva de las raíces para distintos cultivos*

Aguacate.....	0,9 - 1,0
Alfalfa.....	0,9 - 1,2
Algodón.....	0,8 - 1,2
Almendro.....	0,9 - 1,2
Batata.....	0,6 - 0,9
Berenjena.....	0,5 - 0,6
Cacahuate.....	0,9 - 1,0
Café.....	0,9 - 1,2
Caña de azúcar.....	1,0 - 1,1
Cebada.....	0,6 - 1,0
Cebolla.....	0,4 - 0,5
Ciruelo.....	0,9 - 1,0
Cítricos.....	0,9 - 1,0
Clavel.....	0,3 - 0,4
Fresa.....	0,3 - 0,5
Fréjol.....	0,5 - 0,8
Frutales de hoja caduca.....	1,0 - 1,2
Girasol.....	0,9 - 1,0
Guisantes.....	0,6 - 0,9
Lechuga.....	0,3 - 0,4
Leguminosas grano.....	0,5 - 1,0
Maiz grano.....	0,8 - 1,2
Maiz verde.....	0,8 - 1,2
Manzano.....	0,9 - 1,0
Melocotonero.....	0,9 - 1,0
Melón.....	0,8 - 1,0
Nogal.....	1,1 - 1,2
Olivo.....	0,9 - 1,1
Palmera.....	0,8 - 0,9
Patata.....	0,4 - 0,8
Pepino.....	0,6 - 0,9
Peral.....	0,8 - 1,1
Pimiento.....	0,4 - 0,8
Piña.....	0,4 - 0,6
Plátano.....	0,9 - 1,2
Praderas.....	0,6 - 1,0
Remolacha azucarera.....	0,6 - 1,0
Soja.....	0,6 - 1,0
Sorgo para grano.....	0,8 - 0,9
Gramíneas.....	0,6 - 0,9
Tomate.....	0,4 - 1,0
Trébol.....	0,7 - 0,9
Trigo.....	0,6 - 1,2
Víñedo.....	0,8 - 0,9
Zanahoria.....	0,4 - 0,5

Tabla 20

## Conductividad eléctrica de los diferentes sustratos de suelo

Disminución de rendimiento		0%	10%	25%	50%	100%
<i>Cultivos extensivos</i>		Conductividad eléctrica del extracto de saturación (dS/m)				
Algodón		7,7	9,6	13	17	27
Arroz		3,3	3,8	5,1	7,2	11
Cacahuete		3,2	3,5	4,1	4,9	6,6
Caña de azúcar		1,7	3,4	5,9	10	19
Cártamo		5,3	6,2	7,6	9,9	14,5
Cebada		8	10	13	18	28
Habas		1,6	2,6	4,2	6,8	12
Maíz		1,7	2,5	3,8	5,9	10
Remolacha azucarera		7	8,7	11	15	24
Soja		5,5	5,5	6,3	7,5	10
Sorgo		6,8	7,4	8,4	9,9	13
Trigo		6	7,4	9,5	13	20
Gramíneas			3,2			
<i>Cultivos hortícolas</i>						
Apio		1,8	3,4	5,8	9,9	18
Boniato		1,5	2,4	3,8	6	10,5
Brócoli		2,8	3,9	5,5	8,2	14
Calabaza		4,1	5,8	7,4	10	15
Col		1,8	2,8	4,4	7	12
Cebolla		1,2	1,8	2,8	4,3	7,4
Espinaca		2	3,3	5,3	8,6	15
Judía		1	1,5	2,3	3,6	6,3
Lechuga		1,3	2,1	3,2	5,1	9
Maíz dulce		1,7	2,5	3,8	5,9	10
Melón		2,2	3,6	5,7	9,1	16
Nabo		0,9	2	3,7	6,5	12
Patata		1,7	2,5	3,8	5,9	10
Pepino		2,5	3,3	4,4	6,3	10
Pimiento		1,5	2,2	3,3	5,1	8,6
Rábano		1,2	2	3,1	5	8,9
Remolacha		4	5,1	6,8	9,6	15
Tomate		2,5	3,5	5	7,6	13
Zanahoria		1	1,7	2,8	4,6	8,1
<i>Frutales</i>						
Aguacate		1,3	1,8	2,5	3,7	6
Albaricoquero		1,6	2	2,6	3,7	5,8
Almendra		1,5	2	2,8	4,1	6,8
Ciruelo		1,5	2,1	2,9	4,3	7,1
Frambueso		1	1,4	2,1	3,2	5,5
Fresa		1	1,3	1,8	2,5	4

**Figura 2**

*Corte de igualación del pasto Mombaza en la parcela experimental.*

**Figura 3**

*Control de malezas en la parcela experimental*



**Figura 4**

*Medición de variables de Rendimiento del pasto Mombaza.*

**Figura 5**

*Medición del área foliar para para pasto Mombaza.*

