PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR

SEDE MANABI

CARRERA DE INGENIERIA HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

ESTIMACION DE LAS NECESIDADES HIDRICAS DEL PASTO MAMBOZA *(Panicum Máximum cv. Mambosa)* A PARTIR DE LA CURVA DE COEFICIENTE DE CULTIVO UTILIZANDO LISIMETRIA DE DRENAJE EN EPOCA SECA.

PREVIO AL TITULO DE:

INGENIERO HIDRÁULICO.

AUTOR:

JAVIER ALEJANDRO TRIANA PONCE.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA, M. Sc.

DICIEMBRE DEL 2020

CHONE-ECUADOR

CERTIFICACION.

Ing. Jesús Enrique Chavarría Larraga, M. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.

En mi calidad de director de tesis certifico haber revisado el presente manuscrito de investigación, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la carrera Ingeniería Hidráulica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, cumpliendo los requisitos establecidos por la Dirección de Investigación; en consecuencia, es apto para su presentación y sustentación.

_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc.

C.I: 130827219-2

ACTA DE 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 Chavarría Párraga, M. Sc

Primer Lector

(f)_____

Ing. Fabián Espinales Cedeño, Mg.

Segundo Lector

(f)_____

Ing. José Alarcón Loor, M. Sc.

Tercer Lector

DECLARACION 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 forma de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad del autor, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

Lugar y fecha: Chone, 25 de febrero del 2021

(f)_____

Javier Alejandro Triana Ponce

C.I. 131216142-3

Dirección: Chone, calle Colon y Primero de Mayo.

E-mail: javiertriana_15@outlook.com

Teléfono: (05) 269-7137

Celular: 0961326805 - 0963659322

DERECHOS DE 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.

(f)_____

Javier Alejandro Triana Ponce

C.I. 131216142-3

DEDICATORIA.

El presente trabajo de investigación se la dedico principalmente a Dios por bendecirme con las mejores madres del mundo.

Segundamente a mi abuelita Paulina que se encuentra en el cielo a lado del creador y de seguro estará festejando este triunfo que es de ella también, tercero a mi madre Ana Ponce por desde pequeño inculcarme a ser mejor persona, a progresar y brindarme el mejor regalo que una madre le puede dar a un hijo que es el estudio para su mejor futuro.

AGRADECIIENTOS.

Principalmente a mis abuelos Laura Zambrano Barberán y Antonio Triana por confiar en mi desde el inicio de este gran sueño. A mi papi Augusto Ponce por cada consejo que me brindo cada día, a mis tías Lina Vera, Ligia Alcívar por su apoyo incondicional de mi vida. Y a mi tía Lorena Ponce que desde mi época de segundaria siempre estuvo apoyándome. Mi abuela Ramona Moreira por su dedicación y esfuerzo desde pequeño hasta la actualidad para ser una buena persona. A mi Padre Lizardo Triana por apoyarme en este camino tan duro y aunque no tuve el placer de tenerlo conmigo en mi desarrollo como persona me apoyo para cumplir esta meta tan añorada por todos los que confiaron en mí.

No puede faltar la segunda familia que dios me regalo mi profesor Pedro Rivadeneira Andrade y Branny Loor no cabe duda que sin ellos en mi vida no sería lo que soy ahora con esa gana de ayudar, honestidad y lealtad siempre me inculcaron el amor por la familia y las ganas de superación. A TODAS ESTAS PERSONAS NOMBRADAS MUCHAS GRACIAS ¡

Resumen.

Esta investigación cuantitativa determinó las necesidades hídricas del pasto de pastoreo Mombaza, a partir de la curva de coeficiente de cultivo utilizando lisimetría de drenaje, para establecer el consumo real de agua de este cultivo. Debido a ello, este estudio se realizó en la finca de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, Campus Chone, entre septiembre y diciembre de 2020. La obtención de datos inició aplicando métodos de campo como lisímetro y tensiómetro, tomando medidas cada 24 horas. Posteriormente, se aplicaron ecuaciones del método *FAO Penman-Monteith* para establecer los valores de evapotranspiración referencial del cultivo (ETo), evapotranspiración del cultivo (ETc), coeficiente de cultivo (Kc) y programación de riego del cultivo. Los resultados determinan que en noviembre se cuenta con el mayor ETo porque la temperatura máxima de dicho mes fue superior a la registrada en los meses de estudio. Los datos de ETo obtenidos por el método *FAO Penman-Monteith* y cubeta evaporimétrica fluctúan entre 2.46 a 3.56 mm/día. El coeficiente del cultivo de pasto presenta tres etapas fenológicas (44 días); la primera (25 días) con Kc de 1.26; la segunda (13 días) con Kc de 1.37; la tercera (6 días) con Kc de 1.12. El ETc por etapa registra su valor mayor de 62.75 mm/día y el menor de 15.24 mm/día, ETc total de 133.06 mm/día. Concluyendo que el mayor consumo de agua del pasto Mombaza se registra en la etapa de floración durante la época seca.

Palabras clave: pasto de pastoreo, necesidades hídricas, ETo, ETc, Kc

ABSTRACT.

This quantitative research study determined the crop water requirements of Mombasa grass pasture, from the crop coefficient curve using drainage lysimeters to establish the real water consumption of this crop. Accordingly, this study was carried out on the farm of *Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí*, Chone Campus, from September through December 2020. Data collection began by applying field methods such as lysimeters and tensiometers, taking measurements every 24 hours. Then, there were applied equations of the FAO Penman- Monteith method to determine the values of reference crop evapotranspiration (ETo), crop evapotranspiration (ETc), crop coefficient (Kc), and crop irrigation-scheduling program. The findings show that the highest ETo values are reached in November because it records the highest maximum monthly temperature during this study. So, ETo value results by the FAO Penman- Monteith method and evaporimeter cuvette fluctuate between 2.46 and 3.56 mm / day. The Kc value results establish three phonological stages (44 days); in the first one (25 days) the Kc value is 1.26; in the second one (13 days) the Kc value is 1.37; and in the third one (6 days) the Kc value is 1.12. The ETc results per stage register the highest value (62.75 mm / day) and the lowest value (15.24 mm / day), with a total ETc of 133.06 mm / day. In conclusion, the highest crop water requirements of Mombasa grass pasture are recorded in the flowering stage during the dry season.

Keywords: grazing pastures, water requirements, ETo, ETc, Kc

TABLA DE CONTENIDOS.

CERTIFICACION. 1

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL. 2

DECLARACION DE ORIGINALIDAD. 3

DERECHOS DE AUTOR. 4

DEDICATORIA. 5

AGRADECIIENTOS. 6

Resumen. 7

ABSTRACT. 8

INDICE DE TABLAS. 13

INDICE DE FIGURAS. 14

INTRODUCCIÓN. 15

MATERIASLES Y METODOS. 18

Localización 18

Ubicación geográfica en coordenadas UTM. 18

Datos climatológicos. 19

EQUIPOS Y MATERIALES. 19

Materiales de campo. 19

Materiales de oficina. 20

Materiales biológicos. 20

CARACTERISTICAS DEL AREA EXPERIMENTAL. 21

Cultivo del pasto Semilla del pasto Mombaza *(Panimum maximum cv. Mombaza).* 21

METODOS. 22

Variables consideradas en la investigación. 22

ESTIMACION DE VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACION. ... 22

Humedad del suelo. 22

Procedimiento para determinar la humedad del suelo mediante el método de tensiómetro. 22

Evapotranspiración de referencia (ETo). 25

Método de la cubeta evaporimétrica. 25

Método de Pemman Monteith modificado por la FAO. 26

Evapotranspiración del cultivo (ETc). 26

Coeficiente de cultivo Kc. 26

VARIABLES QUE INTEGRAN UN DISEÑO AGRONOMICO PARA RIEGO POR ASPERSION. 27

Precipitación efectiva "P*e"* 27

Balance Hídrico. 28

Agua fácilmente disponible para el cultivo. 28

Lamina neta. 28

Requerimiento de lavado. 29

Lamina Total 29

Intervalo de riego. 29

Lámina neta ajustada. 30

Lámina total ajustada. 30

Intensidad de aplicación de agua (mm/h). 30

Tiempo de riego 31

MANEJO DEL ENSAYO. 31

Preparación de área de investigación 31

Recolección de sustrato. 31

Llenado de fundas. 31

Siembra. 32

Fertilización. 32

Control de maleza. 32

Cosecha. 32

Riego. 32

Toma de datos en el área de estudio. 32

VARIABLES A EVALUAR EN LA INVESTIGACION. 33

- Altura de la planta. 33
- Numero de tallo por macolla. 33
- Numero de hojas por tallo. 33
- Área foliar. 33
- Rendimiento de materia verde. 33
- Rendimiento de materia seca. 33
- Proporción de hoja (PH). 34

- Proporción de tallo (PT). 34
- Relación hoja/tallo (RHT). 35

RESULTADOS Y DISCUSIÓN. 36

Factores climáticos promedio. 36

Evapotranspiración de referencia (ETo). 37

COEFICIENTE DE CULTIVO. 38

NECESIDADES HIDRICAS DEL CULTIVO MOMBAZA. 39

CONCLUSIONES. 42

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. 43

ANEXOS. 45

Anexos n°1: Tablas. 45

Anexos n°2: Datos fenológicos por cada corte del pasto Mombaza en época seca. 53

Anexos n°3: Fotografías. 55

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1: Datos climatológicos promedios del 2000 al 2013...... 19

Tabla 2: especificaciones técnicas del área de estudio...... 21

Tabla 3: Datos climatológicos promedio de los meses Septiembre a diciembre 2020. 36

Tabla 4: Datos promedios de Kc del pasto Mombaza en época seca. 38

Tabla 5: Datos promedios en época seca del cultivo Mombaza 39

Tabla 6: Necesidades hídricas del pasto Mombaza en época seca.¡Error! Marcador no definido.

Tabla 7: Programación de riego del pasto Mombaza en época seca...... 41

Tabla 8: Valores climatológicos presentados en el mes de septiembre...... 45

Tabla 9: Valores climatológicos presentados en el mes de octubre. 46

Tabla 10: Valores climatológicos presentados en el mes de noviembre. 47

Tabla 11: Valores climatológicos presentados en el mes de diciembre. 48

Tabla 12: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de agosto. 49

Tabla 13: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de octubre...... 50

Tabla 14: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de noviembre...... 51

Tabla 15: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de diciembre...... 52

Tabla 16: Características únicas del cultivo primer corte en época seca. 53

Tabla 17: Características únicas del cultivo segundo corte en época seca. 54

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1: Localización de la PUCESM 18

Figura 2: Evapotranspiración de referencia de los meses septiembre – diciembre 2020. 37

Figura 3: Kc promedio del pasto Mombaza en época seca. 38

Figura 4: toma de datos efectuados diariamente. 55

Figura 5: Recolección del drenaje diario mediante probeta. 55

Figura 6: Mantenimiento del área de estudio 56

Figura 7: Espiga en su punto de maduración. 56

Figura 8: Toma de altura de planta. 57

Figura 9: Realización de corte a 50cm del suelo. 57

Figura 10: Toma de características únicas del cultivo. 58

Figura 11: Muestras pesadas y colocadas en la estufa. 58

Figura 12: Muestra seca lista para ser pesada. 59

Figura 13: Peso muestra seca. 59

INTRODUCCIÓN.

En el mundo alrededor del 70% de agua es utilizada para la agricultura, este es un tema por el cual se puede generar cualquier tipo de debate sobre el uso, 330 millones de hectáreas a nivel mundial cuentan con sistemas de riegos, esta cantidad corresponde 20% cultivada y genera alrededor del 40% de producción (Hagbrink, 2017).

El crecimiento a nivel local y nacional de los pueblos genera que exista mayor demanda para la producción agrícolas. Para esto es importante contar con las condiciones perfectas para que esta se lleve cabo de la mejor manera. Tanto el suelo como las condiciones climáticas del sitio son importantes para asegurar una mayor producción. Es importante resaltar el buen manejo del recurso hídrico durante la etapa de producción de cada cultivo, si no se da el correcto uso de este, la producción se verá afectada (Vera & Vera, 2019).

Para un mejor manejo del recurso hídrico es importante saber de qué manera podemos lograr un correcto uso del mismo. Una de las formas de buen manejo del recurso es implementando sistemas de riego que vayan acorde con el tipo de cultivo. Los métodos de sistemas de riego son: por aspersión, surco, microaspersión, inundación y por goteo. es importante el alcance económico para poder llevar a cabo estos sistemas de riego a implementar (Vera & Vera, 2019).

Un factor muy importante es conocer las condiciones del sitio a implementar estos sistemas ya que si se cuenta con la cantidad de recurso hídrico abundantemente se llevará a cabo correctamente, pero si no se cuenta con ello será muy complicado implementar este tipo de sistemas (Vera & Vera, 2019).

En Ecuador el manejo del recurso está a cargo de la secretaria del Agua, mediante un Plan Nacional de Manejo del Agua para Riego y Drenaje, delego a los Gobiernos Provinciales para que lleven a cabo los correctos lineamientos en el correcto uso del recurso hídrico (Secretaria de Riego y Drenaje, 2019).

El riego permitirá que el agua sea esparcida correctamente por el suelo, de esta manera la planta la aprovechara de la mejor forma para su desarrollo. Para poder llegar a un aprovechamiento óptimo es necesario regarse en cantidades necesarias que no generen daños a la planta. En el caso de que se riegue un pasto es importante que la humedad sea la que se requiera para su desarrollo y que en época de sequía se aproveche de mejor contando con las mejores condiciones del suelo (Nisperuza, 2012).

Una de las principales actividades en el Ecuador es el sector de la ganadería, siendo esta principalmente abastecida para su alimentación con diferentes tipos de pastos. En los años 2016 y 2017 esta actividad presento un incremento principalmente en la costa con un 94,01% (INEC, 2017).

El pasto *Panicum* responde de una muy buena manera a las condiciones ambientales que presenta la zona tropical del país, es por esto que la provincia de Manabí lidera la producción pastura con un porcentaje de 33,41%, en las cuales existen variedades de pastos en la cual es Mombaza el que más resalta en su producción (UTM, 2019).

En el cantón Chone una de las principales actividades es la ganadería es por eso que la producción de pasto es muy importante para su desarrollo, el pasto Mombaza es uno de los más comunes en el cantón (INEC, 2016)

Los métodos indirectos serán de gran aporte para determinar la humedad de suelo, evapotranspiración referencial (ETo), coeficiente de cultivo (Kc), y programación de riego (Alvarez & Perez, 2011). Es por eso que la presente investigación está orientada a estimar las necesidades hídricas del pasto mombaza *(Panicum máximum cv. Mombosa)* a partir de la curva de coeficiente de cultivo utilizando lisimetría de drenaje en época seca; por lo tanto se debe de responder a los siguientes procedimientos: Determinar evapotranspiración de referencia (ETo) con métodos indirectos para la zona de estudio; obtener los valores del coeficiente de cultivo (Kc) en todas las etapas fenológicas o fase de desarrollo del pasto, considerando los valores

obtenidos del lisímetro de drenaje; realizar una programación de riego para el pasto con los datos obtenidos del lisímetro de drenaje y las condiciones climáticas de la zona; estimar los requerimientos hídricos del cultivo, la evapotranspiración, coeficiente de cultivo y la programación de riego que se presentaran en cada etapa de desarrollo del cultivo.

MATERIASLES Y METODOS.

Localización.

La presente investigación se realizó en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede regional de Manabí (PUCESM), Campus Chone.



Figura 1: Localización de la PUCESM

Fuente: Google Earth

Ubicación geográfica en coordenadas UTM.

- Altitud: 36 msnm
- Latitud: -0.66417
- Longitud: -80.036389

Datos obtenidos de la estación meteorológica del INAMHI ubicada en la PUCESM.

Datos climatológicos.

Tabla 1: Datos climatológicos promedios del 2000 al 2013.

MES	EVAPORACION mm/día	HUMEDAD RELATIVA %	PRECIPITACION mm/mes	VELOCIDAD DEL VIENTO m/s
ENERO	3.31	91	191.17	2.19
FEBRERO	3.293	92	304.43	2.3
MARZO	3.706	91	244.93	2.4
ABRIL	3.877	91	148.4	2.12
MAYO	3.135	91	44.15	2.09
JUNIO	2.817	91	12.08	1.87
JULIO	3.171	91	13.12	1.93
AGOSTO	3.77	89	8.3	2.22
SEPTIEMBRE	3.906	89	7.77	2.17
OCTUBRE	3.958	89	7.71	2.24
NOVIEMBRE	4.041	88	11.15	2.74
DICIEMBRE	3.375	89	69.27	2.44

Fuente: (INAMHI, s.f.)

EQUIPOS Y MATERIALES.

Materiales de campo.

- Lisímetros de drenaje de forma cuadrada de 1m * 1m y de alto 1m.
- Dispositivo para el agua drenada.
- Reservorio para agua drenada.
- Tensiómetros de 30cm y 60cm.
- Probetas de 1000ml.
- Pala.
- Machete.
- Abre hoyos.
- Flexómetro.

- Celular
- Fertilizantes.
- Insecticidas.
- Mangueras.
- Fundas de papel.

Materiales de oficina.

- Laptop.
- Cuaderno.
- Lapicero.
- Software Excel.
- Software Cropwat.
- Calculadora.

Materiales biológicos.

- Brote del pasto Mombaza *(Panimum maximum cv. Mombaza).*

CARACTERISTICAS DEL AREA EXPERIMENTAL.

Cultivo del pasto Semilla del pasto Mombaza *(Panimum maximum cv. Mombaza).*

Tabla 2: especificaciones técnicas del área de estudio.

Ancho de la parcela	**3m**
Largo de parcela	**3m**
Área de parcela	**$9m^2$**
Números de plantas en la parcela	**9u**

METODOS.

Variables consideradas en la investigación.

- Humedad del suelo (Tensiómetros).
- Evapotranspiración referencial.
- Evapotranspiración real del cultivo.
- Coeficiente del cultivo.
- Variables para diseño de riego por aspersión.

ESTIMACION DE VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACION.

Humedad del suelo.

En la presente investigación presentada uno de los principales parámetros es la humedad del suelo, la cual fue obtenida mediante lecturas diarias de los tensiómetros colocados a una distancia cercana del cultivo.

Por las características de este cultivo se colocaron tensiómetros de 30cm y 60cm de profundidad para así tener conocimiento de la cantidad de agua que se debía regar día a día.

Procedimiento para determinar la humedad del suelo mediante el método de tensiómetro.

- Para tener un funcionamiento correcto de los tensiómetros primero debemos prepararlos antes de colocarlos al lugar de estudio. El agua debe tratarse antes de ser introducida al tensiómetro, preferiblemente que sea agua destilada, si no contamos con agua destilada se puede colocar agua hervida. El agua contiene aire disuelto es por ello que cuando se destila o hierve el agua pierde esas partículas de aire en la atmosfera quedando así el agua sin aire o gases las cuales podían intervenir en las lecturas del indicador de trabajo al vacío.
- Por lo general se recomienda colocar un acondicionador al agua hervida para evitar el desarrollo de algas y bacterias. Este acondicionador suele ser un colorante ya sea

de color rojo, verde o azul. Este proceso de debe realizar antes de introducir el agua en el tensiómetro, se debe colocar en un litro de agua un centímetro cubico de colorante.

- Se procede a remover la tapa del tensiómetro y la cubierta plástica en la copa de cerámica porosa, se llena el tensiómetro con el agua tratada sin colocar aun la tapa. El tensiómetro debe tener sumergido en agua limpia de dos a tres días antes de su instalación. Luego se vuelve a llenar el tensiómetro con la solución de agua incluyendo esta vez el tanque de reserva, una vez se encuentre completamente lleno se hará succión con una bomba de vacío manual para remover el aire en el tubo plástico y la copa de cerámica porosa del tensiómetro (se coloca la bomba en la parte superior y procedemos a bombear hasta que el tensiómetro nos marque de 80 a 85 centibares).
- Al realizar este paso, asegúrese de sumergir el cabezal de cerámica en agua o en un balde de arena húmeda. Para evitar dañar el medidor, use la válvula de rebose en la junta para liberar lentamente el vacío. Repita este proceso dos o tres veces para eliminar todo el aire del instrumento
- Pueden aparecer grandes burbujas de aire en la parte inferior del tubo de plástico. Esto indica que la copa de cerámica o su conexión al tubo no está lo suficientemente apretada. Si aparecen burbujas en el indicador vacío, la conexión entre el indicador y el tubo no está sellada. Cualquier fuga en el tensiómetro debe corregirse.
- El aire disuelto en agua provocará pequeñas burbujas. Para probar un indicador de vacío, deje que el tensiómetro expulse gradualmente el aire hasta que el medidor muestre un valor de succión alto y luego coloque la copa de cerámica en el agua.

- La instalación del tensiómetro debe hacerse de arriba hacia abajo, directamente empujándolo de la tapa del tanque de reserva, se debe tener mucho cuidado en no ejercer una presión o empujar el tensiómetro desde la conexión del indicador. Para que el diagrama del medidor tenga una mejor succión, expandirse y comprimirse libremente se recomienda dejar una separación de 2.5 centímetros desde la parte baja del indicador y el suelo.
- Para evitar que entre las paredes del hoyo y el tubo plástico exista escorrentía se debe colocar un poco de tierra alrededor del tubo y ejercer un poco de presión. Si se desea retirar el tensiómetro de la tierra se debe girar para aflojarlo, se agarra directamente desde el tubo y se procede a tirar directamente hacia arriba.
- Se llena nuevamente el tanque de reserva con la solución de campo sea agua destilada o hervida, para poder eliminar las burbujas de aire que observe en el tubo plástico y tanque. La buena extracción de estas burbujas nos asegurara tener mejor sensibilidad y precisión de lecturas del tensiómetro. Para que el agua del tensiómetro y el suelo se encuentren en equilibrio requiere de un día.
- Las lecturas del tensiómetro se deben realizar en las mañanas, ya que en ese tiempo el agua en el suelo hacia la plata es insignificante. La frecuencia de lecturas depende directamente del cultivo, clima y suelo. En suelos de tipo arenosos o climas cálidos que se utilicen otros sistemas de riegos que no sean por goteo las lecturas se deben de tomar tres días por semana. A las plantas que se rieguen por goteo o sean sensitivas y de raíces pocas profundas se recomienda realizar lecturas diarias del tensiómetro.
- Dependiendo del tipo de riego a utilizar para el cultivo se debe instalar el tensiómetro, si se realiza por el método de aspersión y el cultivo esta en hileras se debe colocar dentro de las hileras. Si es por el método del surco se debe colocar al lado interior del lomo del surco. En el caso del pasto no es necesario tener una

localización especifica. No se debe colocar cerca de los aspersores. Para el riego localizado se colocan normalmente en las partes soleadas del árbol a una distancia del emisor de goteo de 30cm a 45cn y de los emisores de microaspersión de 60cm a 90cm.

- En suelos con drenajes pobre, es aconsejable detener el riego a valor de aproximadamente 30, para evitar la posibilidad de encharcar el terreno. Las lecturas del manómetro deben comenzar a aumentar tan pronto como el agua gravitacional se haya percollado del suelo y las raíces empiecen a absorber humedad del suelo. Lecturas continuas en la zona de 0-20 indican un drenaje pobre y un suelo saturado. Deben detenerse o reducirse los riesgos hasta que se corrija el estado, tan pronto como el agua del riego toque la punta de cerámica porosa las lecturas del manómetro comenzaran a descender, cuando el valor del manómetro sea de 0 a 15 en indicadores de instrumentos más cortos se debe suspender el riego (Chavarria, 2011).

Evapotranspiración de referencia (ETo).

La evapotranspiración de referencia (ETo), se realizó mediante los siguientes métodos indirectos:

- Método de la cubeta evaporimétrica.
- Método de Pemman Monteith modificado por la FAO.

Método de la cubeta evaporimétrica.

$$\boldsymbol{ETo = E_p * K_p} \quad (1)$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

$\boldsymbol{E_p}$: Evaporación de la cubeta (mm/día).

$\boldsymbol{K_p}$: Coeficiente de la cubeta, depende del clima y el medio el que la rodea, y el tipo de cubeta.

Método de Pemman Monteith modificado por la FAO.

$$ETo = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}u_2(e_s-e_a)}{\Delta+\gamma(1+034u_2)} \qquad (2)$$

Donde:

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Rn: Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m^2/día).

G: Densidad del flujo de calor en el suelo (MJ/m^2/día).

T: Temperatura del aire a 2m de altura ^oC.

U: Velocidad de viento a 2m de altura (m/s).

E_a**:** Presión de vapor actual (Kpa).

E_s**:** Presión de vapor del aire saturado con agua (Kpa).

Δ: Bajada de la curva de presión de vapor (Kpa/ ^oC).

y: Constante psicométrica (Kpa/^oC).

Evapotranspiración del cultivo (ETc).

Pata el cálculo de perdida de agua por la evapotranspiración de utilizar el lisímetro de drenaje (Grllo, 1971).

$$ETc = R - D \qquad (3)$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

R: Agua de riego o precipitaciones (mm/día).

D: Agua drenada.

Coeficiente de cultivo Kc.

Se realizó con los valores de crecimiento del cultivo por las etapas el valor de Kc mediante la siguiente formula (Garay, 2009).

$$\boldsymbol{Kc = \frac{Etc}{Eto}} \quad (4)$$

Donde:

Kc: Coeficiente de cultivo.

ETc: Evapotranspiración real del cultivo (mm/día).

ETo: Evapotranspiración de referencia (mm/día).

VARIABLES QUE INTEGRAN UN DISEÑO AGRONOMICO PARA RIEGO POR ASPERSION.

El diseño agronómico se realizará para el cultivo del pasto Mombaza *(Panimum maximum cv. Mombaza)*, considerando los valores de ETc y Kc obtenidos mediante el lisímetro de drenaje.

Calculado la constante de cultivo, la cual ayuda a definir las etapas fenológicas o etapas de cultivo se procedió a calcular la evapotranspiración del cultivo (ETc), según las modificaciones de FAO (2006), por lo tanto, se aplica la siguiente ecuación:

$$\boldsymbol{ETc = K_c * ETo} \quad (5)$$

Donde:

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc: Coeficiente del cultivo (adimensional).

ETo: Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

Precipitación efectiva "P*e"*

$$\mathbf{Pe = 0.8P - 25} \quad \mathbf{P > 75\ mm} \quad (6)$$

$$\mathbf{Pe = 0.6P - 10} \quad \mathbf{P < 75mm} \quad (7)$$

Donde:

P*e:* Precipitación efectiva (mm).

P: Precipitación (mm).

Balance Hídrico.

$$\mathbf{BH = ETc - P_e} \quad (8)$$

Donde:

BH: Balance hídrico (mm)

ETc: Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Pe: Precipitación efectiva (mm).

Agua fácilmente disponible para el cultivo.

$$\boldsymbol{AFD = \frac{Cc-Pm}{100} * Da * Prec} \quad (9)$$

Donde:

AFD: Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm).

Cc: Capacidad de campo (%).

Pm: Punto de marchitez (%).

Da: Densidad aparente.

Prec: Profundidad radicular del cultivo (mm).

Lamina neta.

$$\boldsymbol{Ln = AFD * FAC} \quad (10)$$

Donde:

Ln: Lamina neta (mm).

AFD: Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm).

FAC: Factor de agotamiento.

Requerimiento de lavado.

$$\boldsymbol{Rl} = \frac{\boldsymbol{CEa}}{\mathbf{5}(\boldsymbol{CEe} - \boldsymbol{CEa})} \quad (11)$$

Donde:

Rl: Requerimiento de lavado**.**

Cea: Conductividad eléctrica del agua de riego (dS * m^{-1})

CEe: Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (dS*m^{-1})

Lamina Total.

$$\boldsymbol{Lt} = \frac{\boldsymbol{Ln}}{\boldsymbol{Ea} * (\mathbf{1} - \boldsymbol{Rl})} \quad (12)$$

Donde:

Lt: Lamina Total (mm).

Ln: Lamina neta (mm).

Ea: Eficiencia del sistema de riego utilizado.

Rl: Requerimiento de lavado.

Intervalo de riego.

$$\boldsymbol{I_R} = \frac{\boldsymbol{Ln}}{\boldsymbol{ET_{c\ diario}}} \quad (13)$$

Donde:

Ln: Lamina neta (mm/riego).

IR: Intervalo de riego ajustado (días).

$\boldsymbol{ET_{c\ diario}}$**:** Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/ días).

Lámina neta ajustada.

$$\boldsymbol{Ln_{ajustada}} = \boldsymbol{ET_{c\ diario}} * \boldsymbol{I_{R\ AJUSTADO}} \quad (14)$$

Donde:

Ln: lámina neta (mm/riego).

IR: Intervalo de riego ajustado (días).

$\boldsymbol{ET_{c\ diario}}$: Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/días).

Lámina total ajustada.

$$\boldsymbol{Lt_{ajustada}} = \frac{\boldsymbol{Ln_{ajustada}}}{\boldsymbol{Ea}*(\boldsymbol{1-Rl})} \quad (15)$$

Donde:

$\boldsymbol{Lt_{ajustada}}$**:** Lámina total ajustada (mm).

$\boldsymbol{Ln_{ajustada}}$**:** Lámina neta ajustada (mm).

Ea: Eficiencia del sistema de riego utilizado.

Rl: Requerimiento de lavado.

Intensidad de aplicación de agua (mm/h).

$$\boldsymbol{IAp_{emisor}} = \frac{\boldsymbol{Qa}}{\boldsymbol{Eap}*\boldsymbol{El}} \quad (16)$$

Donde:

IAPemisor: Intensidad de aplicación de agua (mm/h).

Qa: Caudal del aspersor (l/h).

Eap: Espaciamiento entre aspersores (m).

El: Espaciamiento entre laterales (m).

Tiempo de riego

$$\boldsymbol{Tr = \frac{Lt_{ajustada}}{IAp_{emisor}}} \quad (17)$$

Donde:

Tr: Tiempo de riego.

$\boldsymbol{Lt_{ajustada}}$**:** Lámina total ajustada.

$\boldsymbol{IAp_{emisor}}$**:** Aportación del emisor.

MANEJO DEL ENSAYO.

La investigación se realizó en una zona la cual ya contaba con la instalación de lisímetros de drenaje que a su vez ya se habían utilizado para realizar investigaciones con este mismo método.

Preparación de área de investigación.

Para poder llevar a cabo de una buena manera la investigación se realizó el mantenimiento correspondiente al área de estudio, limpiando la maleza alrededor del lisímetro, revisión de fugas existentes en él y posteriormente a la reparación y construcción de paredes de protección del lisímetro.

Recolección de sustrato.

Se realizó la recolección de sustrato en la finca de la PUCESM, con una excavación de 20cm de profundidad para poder obtener las capas internas del suelo sin tanta materia orgánica.

Llenado de fundas.

Una vez recolectado el sustrato necesario, procedemos a llenar las fundas dejando un espacio libre de 5cm.

Esta actividad se realiza con la finalidad de que el cultivo se adapte más rápidamente con la ayuda del sustrato en las fundas.

Siembra.

Con el pasto ya adaptado en las fundas se procede a ser trasplantado al área de estudio correspondiente separadas entre sí por 1m hileras y 1m sobre plantas.

Fertilización.

Esta actividad se realizó con 50 gr de UREA por planta, para que el pasto contara con una mejor nutrición se aplicó el 1 día y 15 días después del corte de igualación.

Control de maleza.

Se realizó cada 10 días para que el cultivo no se vea afectado en su desarrollo.

Cosecha.

La cosecha se realizó durante dos etapas de maduración de la espiga momento óptimo para realizar el corte para alimentación del ganado. Cada corte se llevó a cabo a una altura del suelo de 50cm.

Riego.

Esta actividad se realizó manualmente con la ayuda de una probeta, la cual mide el volumen exacto a aplicar al cultivo y para su correcto desarrollo durante la investigación. La cantidad de agua que se aplicaba dependía de la evaporación registrada en la cubeta evaporimétrica, de la estación meteorológica y se registraba diariamente. Con la ayuda de tensiómetros de 30 cm y 60 cm se supervisaba la humedad del suelo antes de la aplicación del agua.

Toma de datos en el área de estudio.

Se recolectaron datos climatológicos durante 24 horas para poder estimar la evapotranspiración referencial del cultivo.

VARIABLES A EVALUAR EN LA INVESTIGACION.

- **Altura de la planta.**

La altura se determinó al final de cada etapa después del corte de igualación, tomando como referencia desde la base hasta la hoja más larga de la macolla con ayuda de un flexómetro. Este proceso se realizó a las tres plantas de referencia de la investigación.

- **Numero de tallo por macolla.**

El número de tallos que serán tomados directamente de las tres plantas de referencias, se contabilizaron para determinar la capacidad de rebrote en cada macolla después de haberlo sometido al corte de igualación.

- **Numero de hojas por tallo.**

Se contabilizo la cantidad de hojas por tallo en las tres plantas de referencia.

- **Área foliar.**

Esta medida numérica se determinó mediante la separación de las hojas del tallo, esta medida se representó en cm^2. Se realizó mediante un software llamado PETIOLE, el cual nos dio el área total de cada planta de referencia.

- **Rendimiento de materia verde.**

Se realizó en la cosecha de cada planta de referencia, donde se separan los elementos hojas, tallos y materia muerta. Se pesó en una balanza para obtener el valor de la biomasa en kg.

- **Rendimiento de materia seca.**

Este rendimiento se evaluará en el momento de la cosecha, tomando pequeñas muestras de tallos y hojas, las cuales se almacenarán en fundas de papel para que no pierdan humedad al momento de colocarlas en la estufa con una temperatura de 60ºC durante 48 horas. Una vez pasado el tiempo de espera se procede a retirar la muestra y posteriormente a pesarla para asi poder obtener el porcentaje de materia seca por medio de la siguiente formula.

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

Donde:

MS: Materia seca expresado en porcentaje.

PS: Peso seco de la muestra expresado en g.

PH: Peso húmedo de la muestra expresado en g.

- **Proporción de hoja (PH).**

Es el peso de la lámina más liguera foliar de la masa de forraje, esta proporción se obtiene de la fórmula:

$$\boldsymbol{PH = \frac{H}{MF}} \quad (18)$$

Donde:

PH: Proporción de hoja, expresado en g. kg-¹

H: Lamina foliar más lígula, expresado en g.

MF: Masa de forraje, expresado en kg.

- **Proporción de tallo (PT).**

Es el peso del tallo en relación de la masa de forraje, esta proporción se obtiene de la fórmula:

$$\boldsymbol{PT = \frac{T}{MF}} \quad (19)$$

Donde:

PT: Proporción de tallo, expresado en g. kg-¹.

T: Conjunto de vainas más tallos verdaderos, expresado en g.

MF: Masa de forraje expresado en kg.

- **Relación hoja/tallo (RHT).**

Es la relación entre proporción de hojas y proporción y tallos, esta relación se obtiene de la fórmula:

$$\boldsymbol{RHT} = \frac{\boldsymbol{PH}}{\boldsymbol{PT}} \quad (20)$$

Donde:

RHT=Relación hoja tallo, expresado en tanto por uno.

PH= Proporción de hoja, expresado en g. kg-¹

PT= Proporción de tallo, expresado en g. kg-¹

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Factores climáticos promedio.

Tabla 3: Datos climatológicos promedio de los meses Septiembre a diciembre 2020.

Mes	Tem. Max °C	Tem. Min °C	HR%	Vel.Viento (m/s)	Insolación (horas)	Evaporación de la cubeta (mm/día)	ETo Cubeta (mm/día)	ETo Penman (mm/día)
Septiembre	25.14	23.91	82	1	1.31	2.96	2.51	2.55
Octubre	25.43	24.11	80	1	3.41	3.41	2.90	3.09
Noviembre	32.25	18.67	75	1	2.78	4.18	3.56	3.2
Diciembre	25.41	24.57	77	1	0.67	3.42	2.90	2.46

En la siguiente tabla podemos observar los valores climatológicos promedios de los meses en los que se realizó la investigación (02 de septiembre al 03 de diciembre del 2020), de temperaturas máximas y mínimas, humedad relativa, velocidad del viento, insolación, evaporación de la cubeta, ETo por el método de la cubeta y por el método de Penman FAO.

Considerando los resultados obtenidos por el método de cubeta evaporimétrica se observa que en el mes de septiembre presenta el valor más bajo con 2.51 mm/día y en el mes de noviembre presenta el valor más alto 3.56 mm/día. Así mismo por el método de Penman FAO se evidencia que el mes de diciembre 2.46 mm/día y el mes de noviembre con 3.2 mm/día como el más alto.

Según (Ortiz & Chile, 2020), este tipo de métodos indirectos son muy importantes para obtener la evapotranspiración de referencia del cultivo, y a su vez nos servirá para calcular la programación de riego del cultivo.

Evapotranspiración de referencia (ETo).

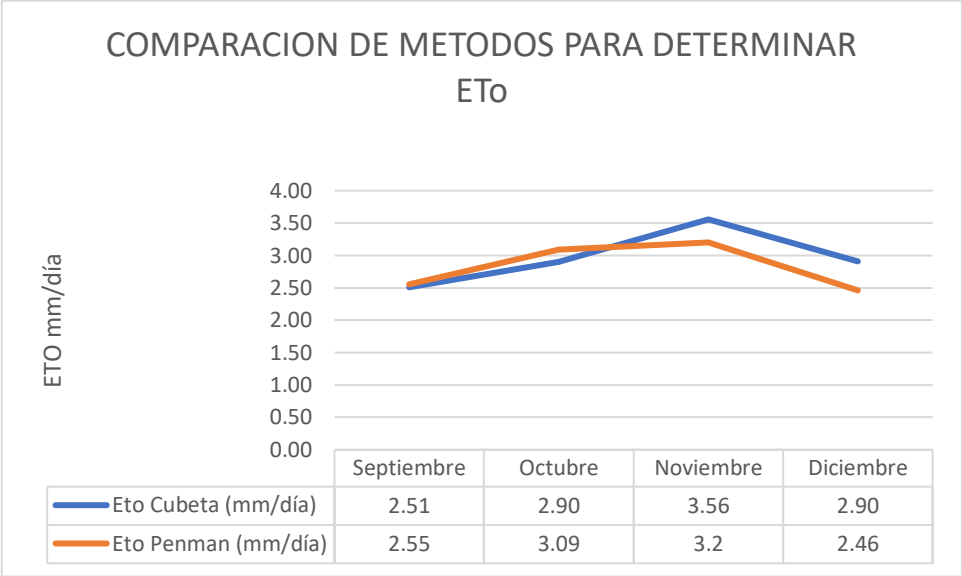


Figura 2: Evapotranspiración de referencia de los meses septiembre – diciembre 2020.

Los datos de evapotranspiración de los meses septiembre – diciembre 2020, se obtuvieron mediante los métodos ya explicados anteriormente. En la figura numero 2 observamos los valores que corresponden a cada mes en los que se llevó a cabo la investigación. La mayor diferencia encontrada entre los dos métodos indirectos se observa en el mes de noviembre, esto debido posiblemente porque los valores de temperatura máxima que registro este mes está por encima de los 30°C, en diferencia de los demás meses de la investigación que estuvieron de los 30°C.

Según Vera & Vera (2019), en su investigación que se realizó durante los meses de agosto y septiembre del 2019, para obtener la evapotranspiración de referencia mediante los métodos de Cubeta y Penman. Para el mes de agosto por cubeta dio 2.62 mm/día, por Penman dio 2.30 mm/día y en el mes de septiembre por cubeta 2.85 mm/día y por Penman 2.73 mm/día.

Estos valores indican que la diferencia que existen entre estos dos métodos son prácticamente similares en época seca.

COEFICIENTE DE CULTIVO.

Tabla 4: Datos promedios de Kc del pasto Mombaza en época seca.

ETAPAS	PRIMER CORTE KC	SEGUNDO CORTE KC	PROMEDIO KC
I	1.21	1.30	1.26
II	1.33	1.40	1.37
II	1.14	1.09	1.12

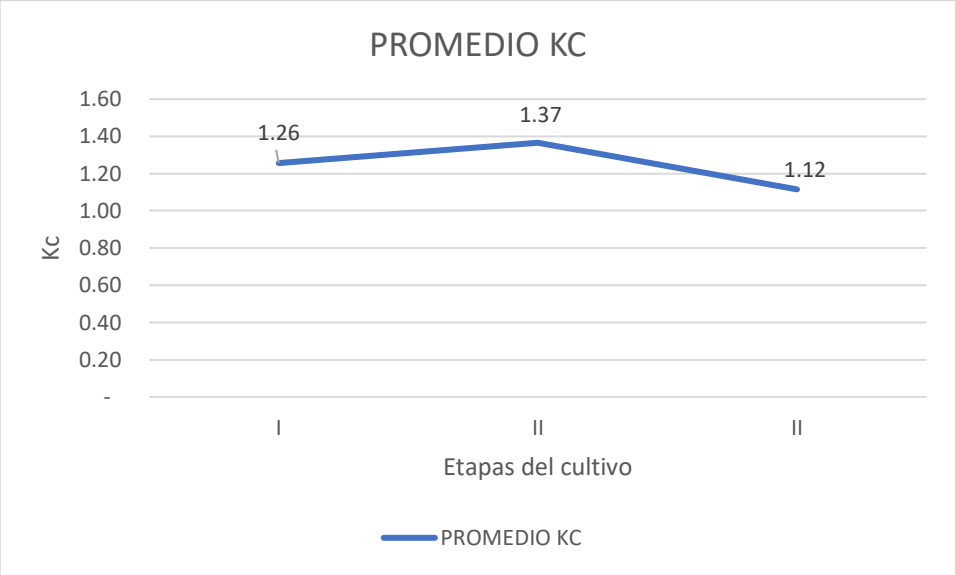


Figura 3: Kc promedio del pasto Mombaza en época seca.

Los valores de ETo y Kc son necesarios para determinar las necesidades hídricas del cultivo que está siendo investigado, estableciendo así la duración de cada periodo en 44 días. En las etapas que se realizó realizo la investigación podemos observar en las figuras 3 y 4, los coeficientes de cultivo por corte realizado. Teniendo así en el primer corte tres etapas cuyos valores de Kc son 1.26 con 25 días para la primera etapa, 1.37 con 13 días para la segunda etapa y 1.12 con 6 días para la tercera etapa.

Según Cisneros (2013), los cultivos pueden presentar anomalías en su desarrollo de una manera en la que el cultivo se vea beneficiado en este caso se observa que los valores de Kc del segundo corte son mayores a los del primer corte. Esto se debe a que las características del cultivo pueden existir una saturación hídrica que le ayude a completar su etapa de desarrollo como tal.

NECESIDADES HIDRICAS DEL CULTIVO MOMBAZA.

La cantidad de agua fue importante para el requerimiento hídrico mismo, ayudo a que este desarrolle sus características. En la tabla 4, se observó los datos en época seca los datos promedios del cultivo. Las condiciones climatológicas del área de estudio, el agua y la cantidad de nutrientes que absorba el cultivo será muy importante para su desarrollo (Ramirez, 2009)

Tabla 5: Datos promedios en época seca del cultivo Mombaza

EPOCA SECA - CULTIVO MOMBAZA		
CARACTERISITICAS	PRIMER CORTE	SEGUNDO CORTE
ALTURA DE PLATA (m)	1.94	2.16
NUMERO DE TALLOS	29	70
NUMERO DE HOJAS POR TALLO	7	7
RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE (gr)	1164.33	2709.67
PORCENTAJE DE MATERIA SECA (%)	29.50	30.84
AREA FOLIAR (cm^2)	7048.74	10290.26

Durante la investigación en el segundo corte la planta presento mayor altura, numero de tallos, rendimiento de materia verde y seca, mayor cantidad de área foliar.

Durante esta época seca se comprendieron 3 etapas, la primera duro 25 días con un ETc de 2.63 mm/día, la segunda con dos valores de ETc de 3.49 mm/día y 4.23 mm/día y en la tercera etapa con un valor de ETc de 2.54 mm/día. El ETc por etapa se registró su valor mayor en la primera etapa de 62.75 mm/día y su valor menor de 15.24 mm/día; con un total de 133.06 mm/día durante 44 días, estos valores se observan en la tabla 6.

En la tabla 7 se presenta la programación de riego para el pasto Mombaza en donde se destaca la frecuencia de riego cada 5 días para todo el ciclo del cultivo; con lámina total de agua de 22.85 mm y con un tiempo de riego de 6.03 horas para la primer etapa; 24.84 mm y con tiempo de 6.54 horas y 30.10 mm con tiempo de riego de 7.95 horas para la segunda etapa; 24.61 mm y con tiempo de 6.50 horas en la tercera etapa.

Tabla 6: Necesidades hídricas del pasto Mombaza en época seca.

EPOCA SECA ETAPA	DIAS	PERIODO FECHA DESDE	 FECHA HASTA	Eto (mm/día)	Kc	ETc (mm/día)	Etc ETAPA (mm/día)
I	25	2/9/2020	26/9/2020	2.55	1.26	2.63	65.75
II	13	27/9/2020	30/9/2020	2.55	1.37	3.4935	52.07
		1/10/2020	09/30/2020	3.09		4.2333	
III	6	10/10/2020	15/10/2020	3.09	1.12	2.54	15.24
	44						133.06

Tabla 7: Programación de riego del pasto Mombaza en época seca.

MES	ETO (mm/día)	Kc	Etc (mm/día)	P (mm)	Pe (mm)		RAD (mm)	Ln (mm)	Rl	Lt (mm)	NN (mm/día)		Fr (días)	Ln ajustada (mm)	Lt ajustada (mm)	Iap (mm/hora)	Tr (horas)
					MES	DÍA						SE RIEGA O NO					
SEPTIEMBRE	2,55	1,26	3,21	-	-	-	70,72	21,2174	0,06	30,10	3,21	SE RIEGA	9,37	16,07	22,85	3,79	6,03
		1,37	3,49								3,49		8,61	17,47	24,84		6,56
OCTUBRE	3,09	1,37	4,23	-	-	-					4,23	SE RIEGA	7,11	21,17	30,10		7,95
		1,12	3,46								3,46		8,70	17,30	24,61		6,50

CONCLUSIONES.

La estimación de la evapotranspiración de referencia por los métodos indirectos presenta valores similares cuando la temperatura máxima está por debajo de los 30°C y cuando la temperatura máxima registra valores mayores de 30°C la ETo calculada por el método de cubeta evaporimétrica es mayor que la de Penman FAO.

El mayor consumo de agua en el pasto Mombaza se registra en la etapa de floración, ya que la planta tiene mayor área foliar y está formando el órgano reproductivo llamado panícula.

La programación de riego del pasto Mombaza busca la máxima eficiencia en el uso del agua en relación a la productividad de biomasa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

Alvarez, G., & Perez, P. (2011). *El cultivo intencivo y los procesos de riego. Madrid: Mc. Graw Hill.* Madrid: Mc. Graw Hill.

Alvarez, J. (2002). Pastos y Forrajes para el Trópico Colombiano . Colombia, Manizales: No. Doc. 26082.

Chavarria. (2011). *Guía de instalación y calibración de un tensiómetro . Calceta, Manabí, Ecuador.* Calceta.

Cisneros, R. (2003). Apuntes de la materia Riego y Drenaje. Obtenido de http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf

FAO. (2006). *Evapotraspiracion de cultivo.* Organizacion de las naciones unidaspara la alimmentacion y agricultura.

Garay, O. (2009). Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. 3-9. Obtenido de http://www.met.igp.gob.pe/proyectos/incagro/datos/ManualConsuntivo.pdf

Grllo, M. (1971). Determinacion de la Evapotranspiración con lisimetro. En M. Grillo. Obtenido de https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/download/48527/49738

Hagbrink, I. (2017). *Banco Mundial*. Obtenido de https://www.bancomundial.org/es/topic/water-in-agriculture

INAMHI. (s.f.). *Datos Climatologicos*. Obtenido de https://www.gob.ec/inamhi

INEC. (2016). *Resultados de Censo.* Quito: Instituto Nacional de Estadisticas y Censo.

INEC. (2017). *Encuesta de Sueprficie y Produccion Agropecuaria continua.* EL CARMEN. Obtenido de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2017/Informe_Ejecutivo_ESPAC_2017.pdf

Nisperuza, E. (2012). *Riego de pastos.* Obtenido de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/11404/449/12/vol7_riego_pastos_op.pdf

Ortiz, R., & Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco.

Ramirez, A. (2009). Innovación Tecnológica en el sector Agropecuario. Universidad Técnica de Machala. Machala.

Secretaria de Riego y Drenaje. (2019). *Plan Nacional de Riego y Drenaje.* Quito. Obtenido de https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2019/12/PNRD-2019-2027.pdf

UTM. (2019). Evaluacion agroproductiva del pasto del pasto Panicum maximum cv. Mombaza en el cantón El Carmen. *ESPAM CIENCIA para el agro*.

Vera, B., & Vera, A. (2019). Estimacion de las necesidades hídricas de los cultivos de pasto King grass morado (Pennisetum purpureum y Pennisetum typhoides) y elpasto cuba ct 115 (Pennisetum sp) a partir de la curva de coeficiente de cultivos utilizando lisimetria de drenaje. 36.

ANEXOS.

Anexos n°1: Tablas.

Tabla 8: Valores climatológicos presentados en el mes de septiembre.

AGOSTO							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
02/09/20	0	0	23.22	22.31	89	1	86.4
03/09/20	0	0	24.55	23.15	83	1	86.4
04/09/20	0	0	24.40	23.15	84	1	86.4
05/09/20	0	0	24.35	23.29	84	1	86.4
06/09/20	0	0	25.07	23.72	80	1	86.4
07/09/20	0	0	24.03	23.12	82	1	86.4
08/09/20	0	0	26.32	24.78	75	1	86.4
09/09/20	0	0	24.81	23.88	84	1	86.4
10/09/20	0	0	25.85	24.55	80	1	86.4
11/09/20	0	0	25.36	24.26	82	1	86.4
12/09/20	0.3	0.24	24.61	23.42	86	1	86.4
13/09/20	0	0	24.98	23.73	84	1	86.4
14/09/20	0	0	25.02	23.98	84	1	86.4
15/09/20	0	0	26.33	25.11	79	1	86.4
16/09/20	0	0	26.33	25.11	79	1	86.4
17/09/20	0	0	25.25	24.07	81	1	86.4
18/09/20	0	0	25.77	24.55	80	1	86.4
19/09/20	0	0	25.14	24.13	83	1	86.4
20/09/20	0	0	26.50	24.77	76	1	86.4
21/09/20	0	0	26.00	24.33	77	1	86.4
22/09/20	0	0	26.05	24.58	76	1	86.4
23/09/20	0	0	25.39	24.03	77	1	86.4
24/09/20	0	0	25.64	24.41	77	1	86.4
25/09/20	0	0	25.88	24.50	76	1	86.4
26/09/20	20.6	16.48	24.01	22.80	89	1	86.4
27/09/20	0	0	24.49	23.27	87	1	86.4
28/09/20	0	0	25.39	23.80	82	1	86.4
29/09/20	0	0	24.39	23.56	84	1	86.4
30/09/20	0	0	23.98	22.92	84	1	86.4
PROMEDIO	0.72	0.58	25.14	23.91	82	1	86.4

Tabla 9: Valores climatológicos presentados en el mes de octubre.

OCTUBRE							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/10/20	0	0	25.57	24.39	82	1	86.4
02/10/20	0	0	25.21	23.98	77	1	86.4
03/10/20	0	0	25.64	24.24	80	1	86.4
04/10/20	0	0	23.80	22.66	86	1	86.4
05/10/20	0	0	22.04	21.12	90	1	86.4
06/10/20	1.8	1.44	25.38	23.98	83	1	86.4
07/10/20	0	0	26.46	24.70	77	1	86.4
08/10/20	0	0	23.59	22.71	83	1	86.4
09/10/20	0	0	25.39	23.95	82	1	86.4
10/10/20	3.8	3.04	23.66	22.78	95	1	86.4
11/10/20	4.7	3.76	26.76	25.26	81	1	86.4
12/10/20	0	0	27.02	25.31	77	1	86.4
13/10/20	0	0	26.91	25.24	75	1	86.4
14/10/20	2	1.6	25.67	24.26	82	1	86.4
15/10/20	0	0	25.45	24.31	85	1	86.4
16/10/20	0	0	25.88	24.66	84	1	86.4
17/10/20	0	0	24.90	23.93	87	1	86.4
18/10/20	0	0	25.57	24.39	82	1	86.4
19/10/20	0	0	26.02	24.70	76	1	86.4
20/10/20	0	0	26.48	24.82	75	1	86.4
21/10/20	0	0	26.23	24.75	75	1	86.4
22/10/20	0	0	26.34	24.81	76	1	86.4
23/10/20	1.3	1.04	19.52	18.68	70	1	86.4
24/10/20	1.1	0.88	26.29	24.88	74	1	86.4
25/10/20	0	0	25.78	24.44	78	1	86.4
26/10/20	0	0	25.30	23.92	83	1	86.4
27/10/20	0	0	24.83	23.74	85	1	86.4
28/10/20	0	0	27.34	25.73	75	1	86.4
29/10/20	0	0	26.33	24.98	78	1	86.4
30/10/20	0	0	26.69	25.18	77	1	86.4
31/10/20	0	0	26.13	24.90	80	1	86.4
PROMEDIO	0.47	0.38	25.43	24.11	80	1	86.4

Tabla 10: Valores climatológicos presentados en el mes de noviembre.

NOVIEMBRE							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/11/20	0	0	32,6	20,8	76	1	86.4
02/11/20	0	0	31,6	20,8	75	1	86.4
03/11/20	0	0	32,9	19,2	70	1	86.4
04/11/20	0	0	31,6	16,6	74	1	86.4
05/11/20	0	0	33.00	19,4	73	1	86.4
06/11/20	0	0	31,8	19,8	72	1	86.4
07/11/20	0	0	32.00	19,4	73	1	86.4
08/11/20	0	0	29,6	20.00	76	1	86.4
09/11/20	0	0	32,2	20,2	70	1	86.4
10/11/20	0	0	32,6	19,4	74	1	86.4
11/11/20	0	0	32,8	16.00	73	1	86.4
12/11/20	0	0	32,2	17,2	74	1	86.4
13/11/20	0	0	32,6	14,4	71	1	86.4
14/11/20	0	0	31,8	16,4	73	1	86.4
15/11/20	0	0	31,6	17,4	72	1	86.4
16/11/20	0	0	32.00	16,2	75	1	86.4
17/11/20	0	0	32.00	16,4	76	1	86.4
18/11/20	0	0	30,4	19,6	76	1	86.4
19/11/20	0	0	28,4	19,8	84	1	86.4
20/11/20	0	0	31,4	18.00	77	1	86.4
21/11/20	0	0	30,2	19.00	78	1	86.4
22/11/20	0	0	27,4	19.00	81	1	86.4
23/11/20	0	0	27,2	19,4	83	1	86.4
24/11/20	0	0	31,6	19,6	74	1	86.4
25/11/20	0	0	33,4	19,6	72	1	86.4
26/11/20	0	0	31,8	19,4	76	1	86.4
27/11/20	0	0	31,8	20,2	76	1	86.4
28/11/20	0	0	32,2	20.00	77	1	86.4
29/11/20	0	0	27,8	20,8	82	1	86.4
30/11/20	0	0	28,8	19,2	79	1	86.4
PROMEDIO	0	0	32.25	18.67	75	1	86.4

Tabla 11: Valores climatológicos presentados en el mes de diciembre.

DICIEMBRE							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/12/20	0	0	26.46	25.29	73	1	86.4
02/12/20	0	0	25.17	24.43	78	1	86.4
03/12/20	0	0	24.61	23.98	80	1	86.4
PROMEDIO	0	0	25.41	24.57	77	1	86.4

Tabla 12: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de agosto.

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60 cm
2/9/2020	0	10
3/9/2020	0	10
4/9/2020	0	10
5/9/2020	0	10
6/9/2020	0	10
7/9/2020	0	10
8/9/2020	0	10
9/9/2020	0	10
10/9/2020	0	10
11/9/2020	0	10
12/9/2020	0	10
13/9/2020	0	10
14/9/2020	0	10
15/9/2020	0	3
16/9/2020	0	3
17/9/2020	0	3
18/9/2020	0	3
19/9/2020	0	3
20/9/2020	0	3
21/9/2020	0	3
22/9/2020	0	10
23/9/2020	4	10
24/9/2020	4	10
25/9/2020	4	10
26/9/2020	0	0
27/9/2020	0	0
28/9/2020	0	0
29/9/2020	3	0
30/9/2020	3	0

Tabla 13: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de octubre.

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60 cm
1/10/2020	0	12
2/10/2020	0	10
3/10/2020	0	10
4/10/2020	0	10
5/10/2020	10	0
6/10/2020	0	0
7/10/2020	0	0
8/10/2020	0	0
9/10/2020	3	0
10/10/2020	0	0
11/10/2020	0	0
12/10/2020	0	0
13/10/2020	5	0
14/10/2020	10	0
15/10/2020	10	0
16/10/2020	10	0
17/10/2020	0	0
18/10/2020	10	5
19/10/2020	10	0
20/10/2020	10	10
21/10/2020	15	10
22/10/2020	10	10
23/10/2020	10	0
24/10/2020	10	0
25/10/2020	10	0
26/10/2020	10	10
27/10/2020	10	5
28/10/2020	0	10
29/10/2020	0	10
30/10/2020	0	10
31/10/2020	0	10

Tabla 14: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de noviembre.

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60 cm
1/11/2020	0	10
2/11/2020	0	10
3/11/2020	0	10
4/11/2020	0	10
5/11/2020	0	10
6/11/2020	0	10
7/11/2020	0	0
8/11/2020	0	0
9/11/2020	0	0
10/11/2020	0	0
11/11/2020	0	0
12/11/2020	0	0
13/11/2020	0	0
14/11/2020	0	0
15/11/2020	0	0
16/11/2020	0	0
17/11/2020	0	0
18/11/2020	0	0
19/11/2020	0	0
20/11/2020	0	0
21/11/2020	0	0
22/11/2020	0	0
23/11/2020	0	0
24/11/2020	0	0
25/11/2020	0	0
26/11/2020	0	0
27/11/2020	0	0
28/11/2020	0	0
29/11/2020	0	0
30/11/2020	0	0

Tabla 15: Datos de tensiómetros de 30cm y 60cm durante el mes de diciembre.

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60 cm
1/12/2020	0	0
2/12/2020	0	0
3/12/2020	0	0

Anexos n°2: Datos fenológicos por cada corte del pasto Mombaza en época seca.

Tabla 16: Características únicas del cultivo primer corte en época seca.

PASTO MOMBAZA (Panicum maximum cv. Mombaza) EPOCA SECA													
PRIMER CORTE	**PLANTAS**	**ALTURA (m)**	**TOTAL HOJAS**	**TOTAL DE TALLOS**	**NUMERO H.TALLO**	**PESO DE HOJAS (gr)**	**PESO DE TALLO (gr)**	**PESO H.L (gr)**	**PESO T.L (gr)**	**MUESTRA SECA DE HOJAS (gr)**	**MUESTRA SECA DE TALLO (gr)**	**ARE FOLIAL (cm^2)**	**P.T.M.V (gr)**
	LISIMETRO	2.02	194	34	6	1030	276	111	110	38.12	31.20	10068.07	1306
	ESQUINA NORTE	2.05	205	37	6	1041	262	107	107	36.46	26.82	10102.32	1303
	ESQUINA SUR	1.75	145	15	10	684	200	116	110	35.46	26.86	975.82	884
	PROMEDIOS	1.94	181.33	28.67	7	918.33	246	111.33	109	36.68	28.29	7048.74	1164.33

PORCENTAJE DE MATERIA SECA (MS)	
LISIMETRO	31.36652
ESQUINA NORTE	29.57009
ESQUINA SUR	27.57522
PROMEDIO	29.50394

PROPORCION DE LA HOJA (PH)	
LISIMETRO	0.788668
ESQUINA NORTE	0.798926
ESQUINA SUR	0.773756
PROMEDIO	0.788720

PROPORCION DE TALLO (PT)	
LISIMETRO	0.211332
ESQUINA NORTE	0.201074
ESQUINA SUR	0.226244
PROMEDIO	0.211280

RELACION HOJA TALLO (RHT)	
LISIMETRO	3.731884
ESQUINA NORTE	3.973282
ESQUINA SUR	3.420000
PROMEDIO	3.708389

Tabla 17: Características únicas del cultivo segundo corte en época seca.

PASTO MOMBAZA (Panicum maximum cv. Mombaza) EPOCA SECA													
SEGUNDO CORTE	**PLANTAS**	**ALTURA (m)**	**TOTAL HOJAS**	**TOTAL DE TALLOS**	**NUMERO H.TALLO**	**PESO DE HOJAS (gr)**	**PESO DE TALLO (gr)**	**PESO H.L (gr)**	**PESO T.L (gr)**	**MUESTRA SECA DE HOJAS (gr)**	**MUESTRA SECA DE TALLO (gr)**	**ARE FOLIAL (cm^2)**	**P.T.M.V (gr)**
	LISIMETRO	2.3	394	69	6	1370	1471	115	106	42.22	29.47	10233.21	2841
	ESQUINA NORTE	2.25	591	96	6	1511	1384	110	140	42.58	43.2	10353.23	2895
	ESQUINA SUR	1.93	471	45	10	1676	717	123	106	38.11	20.91	10284.34	2393
	PROMEDIOS	2.16	485	70	7	1519	1190.67	116	117	40.97	31.19333333	10290.26	2709.67

PORCENTAJE DE MATERIA SECA (MS)	
LISIMETRO	32.43891
ESQUINA NORTE	34.312
ESQUINA SUR	25.77293
PROMEDIO	30.84128

PROPORCION DE LA HOJA (PH)	
LISIMETRO	0.482225
ESQUINA NORTE	0.521934
ESQUINA SUR	0.700376
PROMEDIO	0.560586

PROPORCION DE TALLO (PT)	
LISIMETRO	0.517775
ESQUINA NORTE	0.478066
ESQUINA SUR	0.299624
PROMEDIO	0.439414

RELACION HOJA TALLO (RHT)	
LISIMETRO	0.931339
ESQUINA NORTE	1.091763
ESQUINA SUR	2.337517
PROMEDIO	1.453540

Anexos n°3: Fotografías.



Figura 4: toma de datos efectuados diariamente.



Figura 5: Recolección del drenaje diario mediante probeta.



Figura 6: Mantenimiento del área de estudio



Figura 7: Espiga en su punto de maduración.



Figura 8: Toma de altura de planta.



Figura 9: Realización de corte a 50cm del suelo.



Figura 10: Toma de características únicas del cultivo.



Figura 11: Muestras pesadas y colocadas en la estufa.



Figura 12: Muestra seca lista para ser pesada.



Figura 13: Peso muestra seca.