



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

MANABÍ

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR
SEDE DE MANABI – CAMPUS CHONE**

TRABAJO DE TITULACION:

COEFICIENTE DEL CULTIVO DE PASTO INIAP-811 PARA PERIODO
LLUVIOSO EN EL SITIO GARRAPATA DEL CANTÓN CHONE

PREVIO AL TITULO:

INGENIERO HIDRÁULICO

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS
NATURALES

AUTOR:

DAMASO OTOSHUE CORRAL ZAMBRANO

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION:

ING. JESÚS E. CHAVARRÍA PÁRRAGA, M Sc.

MANABI – ECUADOR

2023

Certificación

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi disposición de administrador 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 Chavarría Párraga, M. Sc.

CI.:130827219-2

Aprobación del tribunal

El jurado examinador aprueba el presente manuscrito de investigación en nombre de la Pontificia Universidad Católica, Sede Manabí.

(f)_____

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc.

130827219-2

PRIMER LECTOR

(f)_____

Ing. Fabián Espinales Cedeño, Mg.

130659765-7

SEGUNDO LECTOR

(f)_____

Ing. Juan Fernando Quiroz Alonzo, M. Sc.

131017949-2

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

FECHA: _____

Damaso Otoshue Corral Zambrano

Dirección: Chone, Barrio “El Paraíso”

E-mail: dcorral9943@pucesm.edu.ec

Celular: 0999058280

Declaración de 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.

Damaso Otoshue Corral Zambrano

C.I.: 131335994-3

Dedicatoria

Cuando ponemos a Dios por delante de todas las cosas, logras todo lo que nos proponemos.

Este trabajo primeramente se lo dedico a Dios porque sin él no lo hubiese podido lograr, en este camino largo de mi vida estudiantil.

También dedicárselo a mi familia, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron, a mi hermano Jordy que de alguna u otra manera influyó con sus conocimientos.

Mi madre querida que siempre quiso verme superar esta etapa de vida, que perennemente estuvo ahí preguntándome sobre alguna dificultad que tuviera sobre algún trabajo que me dejaran.

Y a mis amistades Jesús San Lucas, Marcela, Jamileth, Divinia, que siempre estuvieron presto ayudarme en cualquier situación que se presentó en todo este largo camino.

Agradecimiento

Quiero empezar agradeciéndole a Dios y la virgen María por anteponer en mí y bendecirme en mi camino tanto, académico, físico y demás. Por permitir tener otro triunfo más en mi vida. A mi mamá por ser un pilar fundamental y siempre estar para mí. Y mis hermanos que también me dieron esa ayuda cuando la necesité. A los profesores de la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR por formarme académicamente y enseñarme de la mejor manera cada una de las materias impartidas durante la carrera para poder ser un gran profesional y persona en el campo laboral y a mi director de mi trabajo de tesis por guiarme a ejecutar de la mejor manera mi trabajo de titulación y sobre todo una excelente persona.

Resumen

Esta investigación cuantitativa determinó el coeficiente de cultivo (K_c) del pasto INIAP-811 en época lluviosa, utilizando métodos directos e indirectos, dada la importancia de conocer la necesidad hídrica real para minimizar la cantidad de agua utilizada en el riego durante su cultivo. Por consiguiente, este estudio correlacional se desarrolló en el sitio Garrapata, cantón Chone, entre marzo y junio de 2023. Se utilizó el lisímetro como método directo para medir la evapotranspiración del cultivo, y la cubeta evaporimétrica y la ecuación de *Penman-Monteith* como métodos indirectos para estimar la evapotranspiración referencial (E_{To}) y el K_c , el cual fue calculado en cuatro etapas promediadas de dos cortes de 50 días de duración. Los resultados obtienen valores K_c de 0,91 en la etapa inicial; 1,08 en la segunda; 1,22 en la tercera; y 0,96 en la cuarta etapa, a partir de los cuales se establece un consumo hídrico de 157,43 mm/m² para la época lluviosa. Asimismo, los hallazgos indican que, en una muestra de 200 g en tallos y hojas, la producción del pasto en materia verde y materia seca (MS) corresponde a 28% de MS para el primer corte y a 26% de MS para el segundo. Es convincente que los valores mostrados son bajos, lo cual denota buena producción del pasto y que los K_c se encuentran acordes a sus necesidades hídricas, siendo la tercera etapa la más alta al existir mayor área foliar debido al buen desarrollo del cultivo.

Palabras clave: necesidad hídrica, lisímetro, K_c , evapotranspiración

Abstract

This quantitative research paper calculated crop coefficient (K_c) for *INIAP-811* grass during the rainy season, by using both direct and indirect methods regarding the importance of estimating actual water needs to reduce the amount of water used to irrigate crops. Consequently, this correlational research study was conducted at *Garrapata* Hamlet in *Chone* Canton, using a weighing lysimeter as direct method to calculate crop evapotranspiration, as well as the evaporimeter cuvette and the FAO Penman-Monteith model as indirect methods to measure reference evapotranspiration (E_{To}) and K_c , which was estimated in four averaged growth stages from two fifty-day cuts duration. The findings show K_c values of 0.91 in the initial stage; 1.08 in the second stage; 1.22 in the third stage; and 0.96 in the fourth stage, from which crop water consumption of 157.43 mm/m² is established for the rainy season. The findings also reveal that in a 200 g sample of stems and leaves, grass production in green matter (GM) and dry matter (DM) corresponds to 28% DM for the first cut and to 26% DM for the second one. It is conclusive that these values are low, so they denote good grass production and K_c values suitable for grass water needs, with the third stage being the highest one because there is higher leaf area due to good crop growth.

Keywords: water needs, lysimeter, K_c , evapotranspiration

ÍNDICE

CERTIFICACIÓN	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD	III
DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	6
UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
MATERIALES	6
MATERIALES DE OFICINA.....	6
MATERIALES DE CAMPO.....	7
TIPO DE INVESTIGACIÓN	7
POBLACIÓN Y MUESTRA.....	8
TÉCNICA E INSTRUMENTO PARA RECOLECTAR DATOS	8
TÉCNICA DE RECOLECCIÓN DE DATOS	8
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ETO).....	8
MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA.....	9
MÉTODO DE PENMAN MONTEITH MODIFICADA POR LA FAO	9
EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO (ETC)	10
INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS	11
PRECIPITACIÓN EFECTIVA	11
BALANCE HÍDRICO	11
AGUA FÁCILMENTE DISPONIBLE PARA EL CULTIVO	11
LAMINA NETA.....	12
REQUERIMIENTO DE LAVADO.....	12
LAMINA TOTAL	12
INTERVALO DE RIEGO	13
LAMINA NETA AJUSTADA	13
LAMINA TOTAL AJUSTADA.....	13
APORTACIÓN DEL EMISOR.....	14

TIEMPO DE RIEGO	15
LISÍMETRO DE DRENAJE	15
TENSÍOMETRO	16
MANEJO DEL EXPERIMENTO	17
VARIABLES A EVALUAR	18
PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO	21
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
FACTORES CLIMATICOS PROMEDIO	21
EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA (ETO)	22
COEFICIENTE DEL CULTIVO DEL PASTO INIAP-811	23
CONSUMO HÍDRICO DEL PASTO INIAP-811	25
NECESIDADES HIDRICAS DEL PASTO INIAP-811	26
VARIABLES DE PRODUCCIÓN	27
PROGRAMACION DE RIEGO POR ASPERSION EN ÉPOCA LLUVIOSA PARA EL PASTO INIAP-811	29
CONCLUSIONES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

ÍNDICE

GRÁFICO 1: UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	6
GRÁFICO 2: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET ₀) DE MARZO A JUNIO 2023	22
GRÁFICO 3: K _c PROMEDIO DEL PASTO INIAP-811 PARA LAS DIFERENTES ETAPAS	23
GRÁFICO 4: CONSUMO HÍDRICO DEL PASTO INIAP-811 VALORES PROMEDIOS POR ETAPAS	25

INDICE

ECUACIÓN 1: MÉTODO DE LA CUBETA EVAPORIMÉTRICA	9
ECUACIÓN 2: MÉTODO DE PENMAN MONTEITH MODIFICADA POR LA FAO	9
ECUACIÓN 3: EVAPOTRANSPIRACIÓN DE CULTIVO (ETC).....	10
ECUACIÓN 4: COEFICIENTE DE CULTIVO	10
ECUACIÓN 5: PRECIPITACIÓN EFECTIVA	11
ECUACIÓN 6: $BH = ETC - PE$	11
ECUACIÓN 7: $AFD = Cc - Pm100 * DA * PREC$	11
ECUACIÓN 8: $LN = AFD * FAC$	12
ECUACIÓN 9: $RL = CEA5(CEE - CEA)$	12
ECUACIÓN 10: $LT = LNEA * 1 - RL$	12
ECUACIÓN 11: $IR = LNETC \text{ DIARIO}$	13
ECUACIÓN 12: $LNAJUSTADA = ETC \text{ DIARIO} * IR \text{ AJUSTADO}$	13
ECUACIÓN 13: $LTAJUSTADA = LNAJUSTADA_{EA} * (1 - RL)$	13
ECUACIÓN 14: $IAP = Q_{AEA} * EL$	14
ECUACIÓN 15: $Tr = LTAJUSTADA_{APEMISOR}$	15
ECUACIÓN 16: MATERIA SECA EXPRESADO EN PORCENTAJE.....	19

ÍNDICE

TABLA 1: ESPACIAMIENTO ENTRE ASPERSORES	14
TABLA 2: LAS PROPIEDADES HIDROFÍSICAS DEL SUELO EN EL SITIO GARRAPATA FUERON LAS SIGUIENTES	21
TABLA 3: FACTORES CLIMÁTICOS PROMEDIOS DE MARZO A JUNIO 2023	21
TABLA 4: CONSUMO HÍDRICO DEL PASTO INIAP-811 ÉPOCA LLUVIOSA	25
TABLA 5: NECESIDAD HÍDRICA DEL PASTO INIAP-811	26
TABLA 6: VARIABLES DE PRODUCCIÓN DEL PASTO INIAP-811	27
TABLA 7: PROGRAMACIÓN DE RIEGO PARA EL PASTO INIAP-811	29
TABLA 8: DATOS CLIMÁTICOS DEL MES DE MARZO 2023 DE LA ESTACIÓN M0162	38
TABLA 9: DATOS CLIMÁTICOS DEL MES DE ABRIL 2023 DE LA ESTACIÓN M0162	39
TABLA 10: DATOS CLIMÁTICOS DEL MES DE MAYO 2023 DE LA ESTACIÓN M0162	40
TABLA 11: DATOS CLIMÁTICOS DEL MES DE JUNIO 2023 DE LA ESTACIÓN M0162	41
TABLA 12: VALORES OBTENIDOS DE LA LECTURA DE LOS TENSÍOMETROS	42
TABLA 13: VALORES OBTENIDOS DE LA LECTURA DE LOS TENSÍOMETROS	43
TABLA 14: VALORES OBTENIDOS DE LA LECTURA DE LOS TENSÍOMETROS	44
TABLA 15: VALORES OBTENIDOS DE LA LECTURA DE LOS TENSÍOMETROS	45
TABLA 16: CARACTERÍSTICAS DEL PASTO INIAP-811 (CORTE I)	46
TABLA 17: CARACTERÍSTICAS DEL PASTO INIAP-811 (CORTE II)	46
TABLA 18: TABLA GENERAL DE DATOS DIARIOS (PRIMER CORTE)	47
TABLA 19: TABLA GENERAL DE DATOS DIARIOS (SEGUNDO CORTE)	48
TABLA 20: DATOS INSOLACIÓN HORAS MES DE MARZO	49
TABLA 21: DATOS INSOLACIÓN HORAS MES DE ABRIL	50

TABLA 22: DATOS INSOLACIÓN HORAS MES DE MAYO 51

TABLA 23: DATOS INSOLACIÓN HORAS MES DE JUNIO..... 52

ÍNDICE

ILUSTRACIÓN 1: ZONA DE ESTUDIO.....	53
ILUSTRACIÓN 2: INSTALACIÓN DE TENSÍOMETROS EN EL LISÍMETRO.....	53
ILUSTRACIÓN 3: LISÍMETRO CON SUS 9 MACOLLAS.....	54
ILUSTRACIÓN 4: CULTIVO EN ETAPA DE CRECIMIENTO.....	54
ILUSTRACIÓN 5: DESARROLLO DEL CULTIVO.....	55
ILUSTRACIÓN 6: CULTIVO EN ETAPA DE CORTE.....	55
ILUSTRACIÓN 7: AGUA DRENADA DEL LISÍMETRO.....	56
ILUSTRACIÓN 8: CORTE RESPECTIVO DEL CULTIVO.....	56
ILUSTRACIÓN 9: PESO DE MATERIA VERDE.....	57
ILUSTRACIÓN 10: PESO DE LA MUESTRA (100 GR).....	57
ILUSTRACIÓN 11: OBTENIENDO EL DATO DE ÁREA FOLIAR RESPECTIVA.....	58
ILUSTRACIÓN 12: MUESTRA EN EL DESECADOR.....	58
ILUSTRACIÓN 13: PESO SECO DE LA MUESTRA.....	59

Introducción

El agua es un recurso natural limitado, renovable y susceptible. En algunas sociedades tiene un valor económico significativo, mientras que en otras sociedades tiene un valor social, cultural e identitario significativo. El ingreso del agua está relacionado con el desarrollo sustentable porque es esencial para la vida, la alimentación, las organizaciones y las instituciones del sector agrícola, es esencial para las cadenas productivas y el agregado de valor, es un componente esencial de los servicios ambientales y es fundamental para el desarrollo de las áreas semiáridas y áridas (Zamora y Prieto, 2016).

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 la agricultura, es necesario optimizar varios procesos, desde el almacenamiento hasta el uso de la planta, para lograr un uso eficiente del agua. Se debe tomar medidas para evitar las pérdidas y reducir la cantidad de agua utilizada, facilitando cuidado a la operación y mantenimientos adecuados de la infraestructura de riego y las necesidades de los cultivos (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

En Ecuador, la cantidad de agua utilizada para la agricultura representa aproximadamente el 70% de la cantidad disponible de agua dulce en el mundo, y la proporción es muy similar. Esto justifica cualquier investigación o plan para optimizar el uso del agua de riego (Nieto, Pazmiño, Rosero y Quishpe, 2018).

Según INIAP (2014) el pasto Elefante INIAP 811 es originario del África, fue introducido al país desde el Brasil, adaptado a las condiciones del trópico ecuatoriano. Este pasto tiene buena aceptación por parte del ganado. Su valor nutritivo está determinado principalmente por la edad de la planta, el mejor estado para cortar o pastorear es cuando la planta alcanza alturas de 1,50 a 1,70 m por tener en ese momento mayor cantidad de hojas y tallos suculentos; además, permite una buena recuperación del pasto. De existir un excedente de forraje se lo puede conservar a través del ensilaje, para alimentar a los animales en épocas críticas.

El clima juega un papel importante para el crecimiento vegetal, ya que en una época favorecen y en otras pueden ser limitantes para el crecimiento de los pastos (Hernández et al, 2020). El agua empleada para riego agrícola produce impactos sobresalientes sobre la producción de cultivo ya que al aplicar lo que realmente necesita esta lo aprovecha al máximo (Quinteros et al, 2019).

En la agricultura, es necesario optimizar varias etapas del proceso de consumo de agua, desde el almacenamiento hasta el uso de la planta. Se debe aplicar técnicas eficientes y un buen uso del agua en la agricultura. Para así una vez que ya se le haya dado el uso correcto al agua se pueda obtener buenos resultados y beneficios del cultivo (Ministerio de Agricultura y Riego, 2018).

El riego es una aplicación artificial que se aplica uniformemente a las plantas sin recibir excesos de agua que puedan causar daños o pérdidas, y es necesario para compensar la falta de transpiración de los cultivos y la evaporación del suelo (Pereira et al., 2010).

Hoy por hoy, la demanda de agua ha aumentado en el sector agrícola, que es el principal consumidor de agua. Sin embargo, el recurso hídrico es limitado en algunas áreas o lugares. Por lo tanto, los estudios y manejos 2 tecnificados han centrado el cuidado en los métodos de riego que se aplican a una amplia gama de cultivos, lo que permite mejorar el uso de agua disponible (Fernández, 2020).

La producción de rumiantes (bovino, caprino y ovino) depende de los pastos trópicos como alimento nutricional, lo que los convierte en la dieta básica y, sobre todo, la más económica. No obstante, debido a la falta de agua en la agricultura, la producción es irregular en cantidad y calidad (Perozo, 2013).

El coeficiente de desarrollo del cultivo (K_c) es un parámetro importante que permite programar, controlar y proyectar el riego de manera óptima y también estima las necesidades hídricas de los mismos (Allen, Pereira, Raes, & Smith, 2006). Está en función de la evapotranspiración de referencia (E_{To}) y la evapotranspiración del cultivo (E_{Tc}), y preferiblemente debe determinarse para las condiciones locales en las que se utilizará (Chavarría et al., 2020).

El agua empleada para riego agrícola produce impactos sobresalientes sobre la producción de cultivo ya que al aplicar lo que realmente necesita esta lo aprovecha al máximo (Quinteros et al, 2019).

Al igual que los cultivos que se siembran para alimentos, fibra y energía, los pastos requieren condiciones específicas para desarrollarse, como una temperatura ideal y una cantidad suficiente de agua (Ramírez et al., 2017).

Es necesario dar a conocer el tema empleado puesto que, en todas las provincias del litoral y Amazonia Ecuatoriana el pasto es de vital importancia para la alimentación del ganado por la alta actividad ganadera y agrícola del sector. La evapotranspiración de referencia (E_{To}) y la evapotranspiración de cultivo (E_{Tc}) determinan el coeficiente. Además, sostiene que el

manejo apropiado del riego da consentimiento para programar el riego, determinar la cantidad y el momento de cada riego según las necesidades de las plantas (Avilés et al., 2020).

Según INIAP (2014) la planta puede alcanzar unos 3.50 m de altura, hojas lanceoladas de 2 a 3 cm de ancho en la parte central y de 40 a 90 cm de largo, su crecimiento es lento, se adapta bien a todo tipo de suelo, compite con las malezas, produce exuberante forraje y se rescata ágilmente después de un pastoreo o corte.

Hay que tener en cuenta que toda producción de pasto es esencial y más cuando se trata de costos, y el objetivo es mantener buena cantidad de forraje a lo largo del año para que así los pastos aprovechen al máximo los estratos del suelo como son; las raíces, tallos, hojas y frutos de la hierba (Arias, 2012).

El actual estudio tiene como propósito determinar el coeficiente de cultivo de pasto INIAP-811 para el periodo lluvioso en el sitio Garrapata del cantón Chone. Para dar el cumplimiento al objetivo general se establecieron los siguientes objetivos específicos: determinar la evapotranspiración de referencia (ET_o) con métodos indirectos para la zona de estudio; calcular la cantidad de agua que consume el pasto INIAP-811 en periodo lluvioso; determinar una programación de riego para el pasto INIAP-811 en base a los resultados obtenidos y la cantidad de agua aplicada. En lo metodológico permitirá evaluar variables como altura de la planta, rendimiento de materia verde y materia seca, relación hoja-tallo y área foliar; obtener datos aplicando métodos de campo como tensiómetro y lisímetro, tomando medidas cada 24 horas para estimar el consumo de agua real del pasto; y aplicar ecuaciones del método de la Cubeta y de FAO Penman-Monteith, a fin de establecer los valores de evapotranspiración referencial del cultivo (ET_o), y de calcular el consumo hídrico por cortes.

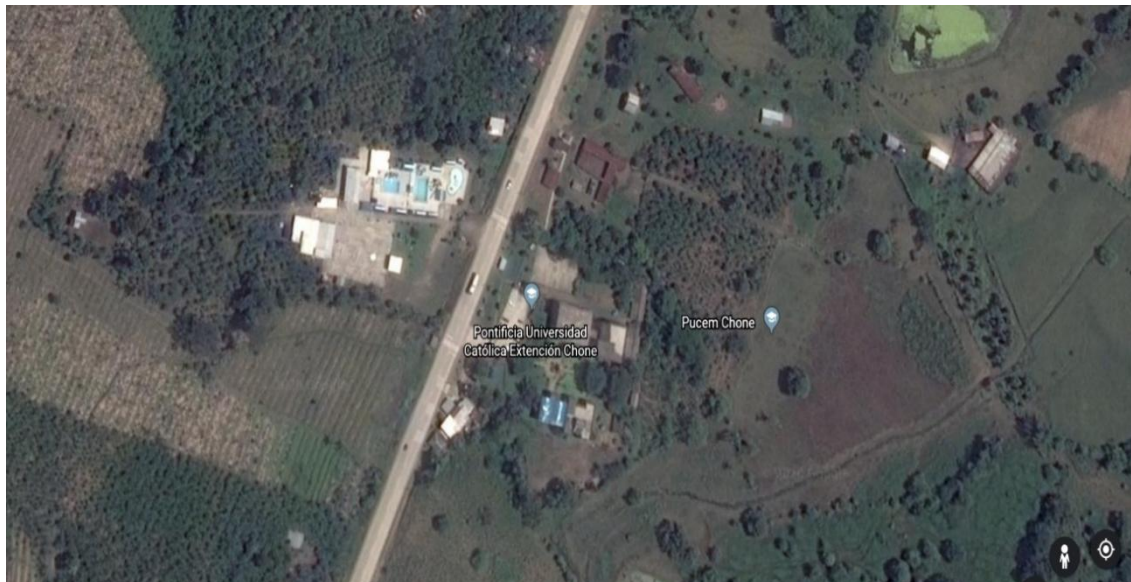
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Ubicación de la investigación

La zona de estudio donde se realizó esta investigación, fue La PUCEM, Campus Chone

- Ubicada a una altura de 36 msnm,
- ZONA 17M
- Coordenadas Este 607224.32 m E
- Coordenadas Norte 9930264.32 m S

Gráfico 1: Ubicación del área de estudio



MATERIALES

Materiales de oficina

- Lapiceros
- Cuadernos
- Calculadora
- Computadora

Materiales de campo

- Sepas de pasto INIAP-811
- Agua
- Probeta
- Machete
- Balde
- Flexómetro
- Plaguicidas
- Tensiómetros

Tipo de investigación

El trabajo investigativo a conocer tiene un enfoque cuantitativo, ya que se va a explicar la relación que tiene el coeficiente del cultivo en la estimación de la necesidad hídrica del pasto INIAP-811, mediante los resultados que se vayan a obtener.

La investigación tiene un nivel de profundidad explicativa, ya que al determinar el coeficiente de cultivo (K_c), se busca analizar cómo la lámina de agua aplicada y la productividad del pasto INIAP 811 están relacionadas entre sí.

Este será de tipo experimental porque vamos a tener dos variables dependientes e independientes; el pasto INIAP 811 es la variable dependiente, ya que depende de la lámina de agua, las condiciones climáticas (datos meteorológicos) que son las variables independientes.

Población y muestra

La población a estudiarse percibe 9 muestras de pasto INIAP-811 que rodean el lisímetro y una central dentro del mismo.

La que tendrá un mayor enfoque cuantitativo será la que está dentro del lisímetro.

TÉCNICA E INSTRUMENTO PARA RECOLECTAR DATOS

Técnica de recolección de datos

Para cumplir con los objetivos de esta investigación, se utilizarán métodos de observación y matemáticas para recopilar datos, donde se requerirá de un cuaderno para llevar el registro de los datos obtenidos diarios para alcanzar los objetivos de esta investigación.

Evapotranspiración de referencia (ET_o)

El concepto de evapotranspiración de referencia se utiliza para investigar la necesidad de evapotranspiración de la atmósfera en función del tipo de cultivo, el desarrollo y las prácticas de manejo. Debido a que la superficie de evapotranspiración de referencia tiene una abundante disponibilidad de agua, los factores del suelo no tienen ningún efecto sobre ET.

Para calcular la evapotranspiración, basta teóricamente con medir de manera regular la humedad del suelo; si no hay pérdidas en profundidad, el agua perdida por el suelo ha sido evapotranspirada por la parcela, de manera general, existen dos formas diferentes de calcular la evapotranspiración (Allen et al., 2006):

- Método de la cubeta evaporimétrica
- Método de Penman Monteith modificado por la FAO

Método de la cubeta evaporimétrica

$$E_{to} = E_p * K_p$$

Ecuación 1: Método de la cubeta evaporimétrica

Donde:

ET_o = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

E_p = Evaporación de la cubeta (mm/día).

K_p = Coeficiente de la cubeta.

Método de Penman Monteith modificada por la FAO

$$E_{T_0} = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$$

Ecuación 2: Método de Penman Monteith modificada por la FAO

Donde:

ET_o = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo (MJ/m² /día)

G = Densidad de flujo de calor del suelo (MJ/m² /día)

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

U₂ = 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)

Δ = Bajada de la curva de presión de vapor (KPa / °C)

γ = Constante psicométrica (KPa/°C)

Evapotranspiración de cultivo (ETc)

La determinación de la evapotranspiración del cultivo (ETc) o de referencia (ETo) mediante lisimetría ecuación descrita por (Salguero, 2018) se calcula mediante la siguiente relación:

$$ETc = Da - Dd$$

Ecuación 3: Evapotranspiración de cultivo (Etc)

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm).

Da = Cantidad de agua aplicada (mm)

Dd = Cantidad de agua drenada (mm)

Además, en el estudio se utilizaron las fórmulas para ajustar los valores de Kc en todas las etapas de crecimiento de los cultivos:

$$Kc = \frac{ETc}{Eto}$$

Ecuación 4: Coeficiente de cultivo

Donde:

Kc = Coeficiente de los cultivos

ETc = Evapotranspiración real de los cultivos.

ETo = Evapotranspiración de referencia

Instrumento de recolección de datos

La herramienta a emplearse la cual llevará lo que respecta la recolección de datos será el lisímetro de drenaje y el tensiómetro:

Precipitación Efectiva

$$Pe = 0,8P - 25 \dots P > 75 \text{ mm}$$

$$Pe = 0,6P - 10 \dots P < 75 \text{ mm}$$

Ecuación 5: Precipitación efectiva

Donde:

Pe= Precipitación efectiva (mm).

P = Precipitación (mm).

Balance hídrico

$$\text{Ecuación 6: } BH = ETc - Pe$$

Donde:

BH = Balance hídrico (mm)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Pe = Precipitación efectiva (mm)

Agua fácilmente disponible para el cultivo

$$\text{Ecuación 7: } AFD = \frac{Cc - Pm}{100} * Da * Prec$$

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

$$\text{Ecuación 8: } Ln = AFD * FAC$$

Donde:

Ln = Lamina neta (mm)

AFD = Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm)

FAC = Factor de agotamiento

Requerimiento de lavado

$$\text{Ecuación 9: } RI = \frac{CEa}{5(CEe - CEa)}$$

Donde:

RI= Requerimiento de lavado

Cea= Conductividad eléctrica del agua de riego (dS/m)

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo. Se expresa en (dS/m).

Lamina total

$$\text{Ecuación 10: } Lt = \frac{Ln}{Ea*(1-RI)}$$

Donde:

Lt = Lamina Total (mm)

Ln = Lamina neta (mm)

Ea = Eficiencia del sistema de riego utilizado

RI = Requerimiento de lavado

Intervalo de riego

$$\text{Ecuación 11: } I_R = \frac{Ln}{ET_{c \text{ diario}}}$$

Donde:

Ln = Lámina neta (mm/riego)

IR = Intervalo de riego ajustado (días)

ET_{c diario} = Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/ días)

Lamina neta ajustada

$$\text{Ecuación 12: } Ln_{ajustada} = ET_{c \text{ diario}} * I_{R \text{ AJUSTADO}}$$

Donde:

Ln = lámina neta (mm/riego)

IR = Intervalo de riego ajustado (días)

ET_{c diario} = Evapotranspiración diaria del cultivo (mm/días)

Lamina total ajustada

$$\text{Ecuación 13: } Lt_{ajustada} = \frac{Ln_{ajustada}}{Ea * (1 - RI)}$$

Donde:

Lt_{ajustada} = Lámina total ajustada (mm).

Ln_{ajustada} = Lámina neta ajustada (mm).

Ea = Eficiencia del sistema de riego utilizado.

RI = Requerimiento de lavado.

Aportación del emisor

$$\text{Ecuación 14: } I_{ap} = \frac{Qa}{Ea * El}$$

Donde:

I_{ap} = Intensidad de aplicación (mm/h).

Qa = Caudal del aspersor (l/h).

Ea = Espaciamiento entre aspersores (m)

El = Espaciamiento entre laterales (m).

Tabla 1: Espaciamiento entre aspersores

Espaciamiento de aspersores según la velocidad del viento		
V. del viento (m/s)	Distancia cuadrada	Distancia triangular
< 1,8	0,65 * D	0,75 * D
2	0,60 * D	0,70 * D
3,5	0,50 * D	0,60 * D
> 3,5	0,30 * D	0,30 * D
D = Diámetro mojado del aspersor.		

Tiempo de riego

$$\text{Ecuación 15: } \mathbf{Tr} = \frac{\mathbf{Lt}_{ajustada}}{\mathbf{Ap}_{emisor}}$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego

Lt_{ajustada} = Lámina total ajustada

Ap_{emisor} = Aportación del emisor

Lisímetro de drenaje

Silicani (2015) menciona a (Quaglia L. 2005). Este sistema puede usarse para medir la evaporación del suelo o la evapotranspiración de los cultivos, Son recipientes grandes llenos de tierra que se instalan en el campo. Tienen sistemas de pesados o control de entradas y salidas de agua y la superficie puede estar cubierta con o sin vegetación.

Otro apartado citado por Silicani (2015), como es (Quaglia L. 2005), menciona que: Aboukhaled et al. (1982) y Howell et al. (1991), el mejor equipo disponible para medir con precisión la evapotranspiración de cultivo y de referencia es el lisímetro.

El lisímetro donde se lleva a cabo la investigación tiene una medida de 1 metro de largo, 1 metro de ancho y 1 metro de alto. En el fondo del lisímetro se encuentra una tubería de drenaje, que termina en un depósito donde se recoge el agua drenada.

Tensiómetro

Un tensiómetro es un dispositivo en sí mismo compuesto por una cápsula de cerámica porosa que se conecta un indicador de vacío a través de un tubo de polimetilmetacrilato transparente lleno de agua. Las mediciones en centibares muestran la fuerza con la que el agua está ponderada en el suelo, mientras que las mediciones posteriores muestran a qué velocidad el cultivo extrae el agua y a qué velocidad se seca el suelo, lo que permite estimar la periodicidad ideal del riego.

Para el riego por goteo en suelos arenosos (suelos) un tensiómetro da buenos resultados, pero no es muy preciso para el riego por inundación y en suelos arcillosos Villablanca et al. (2015).

Para la Instalación:

- Introducir el tensiómetro en un cubo con agua destilada la noche anterior a su instalación. Hay que tener cuidado de no tocar con las manos la punta cerámica. Mantener punta cerámica húmeda hasta su instalación.
- Realizar un agujero con la pica y mazo para la inserción del tensiómetro a la profundidad en la que se quiera realizar la medición.
- Inserte el tensiómetro en el agujero habiendo retirado previamente la tapa del depósito de agua. Asegurar que exista contacto con la tierra.
- Llenar el depósito del tensiómetro con agua destilada y alguicida con ayuda de la jeringa. Presionando la membrana de la parte inferior del vacuómetro expulsamos las posibles burbujas de aire existentes. Una vez rellenado el depósito se coloca la tapa.

La interpretación en centibares (cb) es la siguiente (Villablanca et al., 2015):

- 0 a 10 cb: Suelo saturado de agua, condición que no debe alargarse demasiado tiempo.
- 10 a 25 cb: Humedad y aireación adecuadas para la mayoría de cultivos y en todo tipo de suelos.
- 25 a 40 cb: No se espera falta de humedad en la mayoría de cultivos. Es el momento de iniciar el riego en suelos arenosos.
- 40 a 60 cb: Conviene iniciar el riego en suelos de textura media o con raíces inferiores a 50 cm de profundidad.
- 60 a 70 cb: Sin peligro para sistemas radiculares de más de 75 cm en suelo franco.
- 70 o superior: Comienza el riesgo de estrés hídrico en suelos francos y arenosos y momento de iniciar el riego en suelos arcillosos.

MANEJO DEL EXPERIMENTO

- **Control de Malezas**

Este control se llevó a cabo 2 veces por corte para asegurarse de que no haya malezas en el sector del cultivo y que esto no tenga un impacto en el cultivo.

- **Fertilización**

La fertilización se realizó con “Urea” que es un fertilizante nitrogenado, que ayuda al crecimiento y a la nutrición de la planta, se la llevó a cabo durante los 8 primeros días sembrados empezada la investigación y después se aplicó a los 8 días después del corte de igualación. Se utilizaron 50 gramos de Urea por cada planta y también aplicó un abono foliar llamado PRONTO, que se lo debe realizar en la mañana con bajas temperaturas y en ausencia de lluvia.

- **Cosecha**

Ésta se la llevo a cabo a los 50 días como estaba estipulado y así mismo después del corte de igualación.

- **Riego**

Las reposiciones de agua por riego en los lisímetros de drenaje se llevaron a cabo manualmente de acuerdo a la evaporación diaria de la zona en estudio. El tensiómetro sirvió como indicador para ver si el suelo esta húmedo o capacidad de campo.

- **Control de malezas**

Se llevó un control de la maleza que rodeaba el pasto, ya que estas absorben el agua y los fertilizantes que se daba a la planta.

VARIABLES A EVALUAR

- **Altura de Planta**

Antes de cortar las tres muestras, se mide la altura de la planta con una cinta métrica desde el suelo hasta la hoja bandera.

- **Rendimiento de Materia Seca**

Este rendimiento se lo realizo en el momento de la cosecha, es decir a los 50 días de cada corte, tomando una muestra de 100 g por planta (hojas y tallos) que representa la materia verde, la cual se picó y se almacenó en una bolsa de papel para que no pierda su humedad. Una vez dejada las muestras de hojas y tallos en la estufa por dos días se procede a introducir 3 muestras en el secador por 10 minutos para que no haya la presencia de humedad, después se toma el peso seco tanto de las hojas como el tallo.

$$Ms = \frac{Ps * 100}{PH}$$

Ecuación 16: Materia seca expresado en porcentaje

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

○ **Rendimiento de Biomasa**

Una vez realizado el corte de igualación se procede a escoger las 3 muestras y separar sus hojas y tallos. Para ver la biomasa obtenida se necesitó una gramera para determinar su peso (Kg).

○ **Numero de hojas por tallo**

En las muestras de las plantas se procedió a contabilizar el número de hojas que pertenecían a cada tallo y los tallos que pertenecían a cada una de las plantas de las muestras.

○ **Numero de tallos por Macollas**

Para sacar el número de tallos por macollas se cuenta el total de tallo por muestra y se lo registra para ver sus resultados en sus dos cortes.

○ **Relación Consumo Hídrico**

Para obtener la relación del consumo hídrico se tomaron datos diarios climatológicos de la estación manual de la PUCEM de evaporación, velocidad del viento y precipitación para aplicar la dosis hídrica requerida para el cultivo, así como también observar el drenaje diario por parte del cultivo mediante la lisimetría.

- **Área Foliar**

Para determinar el área de las hojas se debe realizar mediante la aplicación PETIOLE que nos ayuda sacando el área foliar tomando foto de cada una de las hojas.

El área foliar se mide generalmente mediante métodos directos, en los que se analizan las hojas de las plantas en los experimentos con un medidor de área electrónico integrado.

En la mayoría de los estudios agrícolas y fisiológicos, el área foliar es una variable importante que afecta el crecimiento de las plantas, la captación de luz, la eficiencia fotosintética, la respiración, la transpiración y la respuesta al riego y la fertilización (Casierra et al., 2008).

- **Estado de humedad del suelo**

Dado que las plantas absorben agua del suelo, el contenido de humedad del suelo es crucial para la disponibilidad de agua para el crecimiento de las plantas (Collaguazo, 2014).

La cantidad constante de agua en el suelo permite distinguir tres estados.

- **Densidad aparente**

La masa del suelo por unidad de volumen (g. cm^{-3}) es su definición. Representación de la relación entre sólidos y espacio poroso en el suelo (Salazar et al., 2019).

- **Capacidad de campo**

Es el contenido de agua del suelo después de haber sido saturado y drenado durante 24 a 72 horas, la CC se refleja cuando el tensiómetro marca una lectura de 10 cb (García et al., 2018).

○ **Punto de marchitez**

Es la cantidad de humedad presente en el suelo cuando el cultivo ha absorbido toda el agua que le queda. Aunque hay una cierta cantidad de agua en el suelo, está tan retenida que el cultivo no puede extraerla (García et al., 2018).

Propiedades hidrofísicas del suelo

Tabla 2: Las propiedades hidrofísicas del suelo en el sitio Garrapata fueron las siguientes

Capacidad de Campo	23,25 %
Punto de marchitez permanente	11,63 %
Densidad aparente	1,01 gr/cm ³
Conductividad eléctrica del agua de riego (CEa)	0,42 dS/m
Conductividad del estrato de saturación de suelo (CEe)	3,21 dS/m

NOTA: FUENTE: Reyes (2021)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

FACTORES CLIMATICOS PROMEDIO

Tabla 3: Factores climáticos promedios de marzo a junio 2023

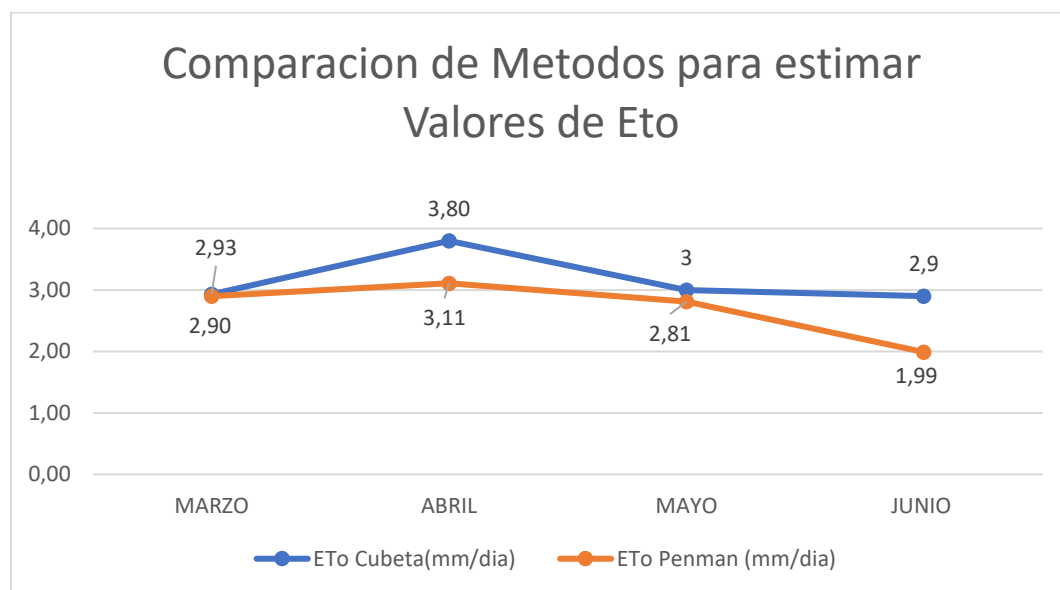
Mes	Temp. Max (°C)	Temp. Min(°c)	HR (%)	VV(m/s)	Evp. (mm/dia)	Heliofanía (horas)	Eto cubeta (mm/dia)	Eto Penman (mm/dia)
MARZO	31,93	21,74	86	1,80	3,45	5,28	2,93	2,90
ABRIL	32,43	21,95	85	1,97	4,44	6,16	3,80	3,11
MAYO	31,70	22,52	85	2,00	3,55	5,03	3,00	2,81
JUNIO	31,48	22,42	88	1,79	3,45	4,23	2,90	1,99

En la tabla 3, se detallan los valores de la evapotranspiración de referencia (ET_o) calculados por el método de la cubeta evaporimétrica y el de Penman Monteih modificado por la FAO, va desde 1,99 a 3,80 mm/día. El mes donde existió mayor diferencia entre los métodos fue en junio con una diferencia de 0,91 mm/día, debido al alto nivel de humedad en el suelo. Datos climáticos promediados de los meses de marzo a junio del 2023, periodo establecido para la investigación. La temperatura máxima fue de 31,93 a 32,43 °C, la temperatura mínima estuvo entre valores de 21,74 a 22,52 °C, la humedad relativa fue de 85 a 88%, la velocidad del viento vario entre 1,79 a 2 m/seg, el comportamiento de la evaporación medida en la cubeta evaporimétrica clase A, fue de 3,45 a 4,44 mm/día y la heliofanía (horas sol) estuvo valores entre 4,23 a 6,16 horas sol.

Según Montealegre y Gallardo (1995) para obtener los valores de ET_o se recomienda trabajar con métodos indirectos como lo son el de Penman Monteith modificado por la FAO y el de la cubeta evaporimétrica.

EVAPOTRANSPIRACION DE REFERENCIA (ET_o)

Gráfico 2: Evapotranspiración de referencia (ET_o) de marzo a junio 2023

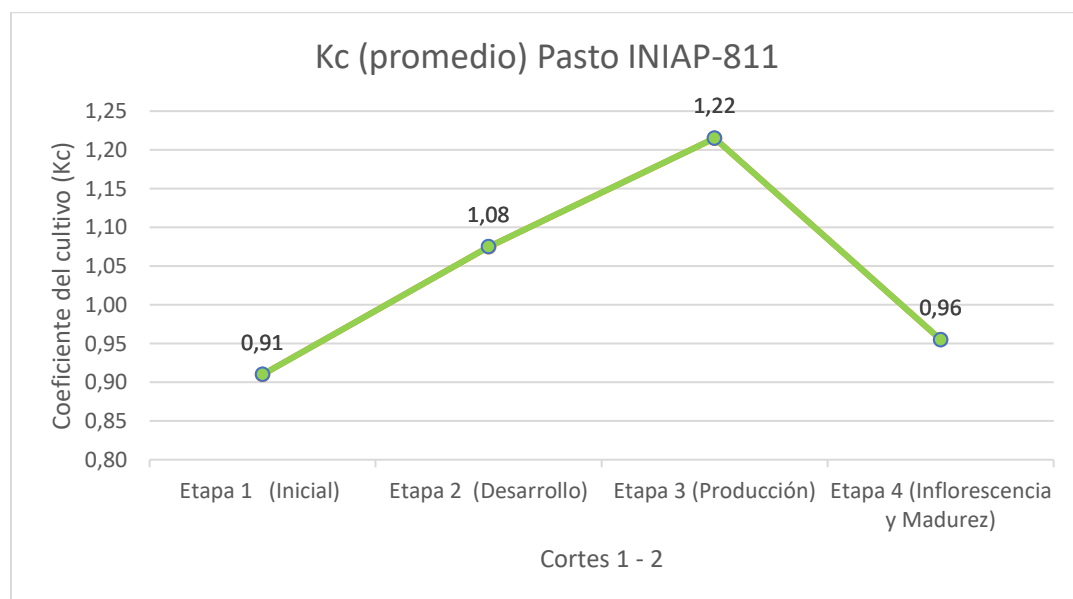


En el gráfico 2, se comparó los resultados de la evaporación de referencia (ETo) de las técnicas utilizadas en la investigación. En el mes de marzo se obtuvo 2,90 mm/día por el método de Penman Monteith modificado por la FAO y 2,93 mm/día por el método de la cubeta evaporimétrica, en el mes de abril se reportó 3,11 mm/día por Penman Monteith modificado por la FAO y 3,80 mm/día por la cubeta evaporimétrica, en el mes de mayo presentó un valor de 2,81 mm/día por Penman Monteith modificado por la FAO y 3 mm/día por la cubeta evaporimétrica y por último, para el mes de junio se obtuvo 1,99 mm/día de ETo por Penman modificado por la FAO y 2,90 mm/día de ETo por el método de la cubeta evaporimétrica.

Según Diaz (2006) el método de Penman-Monteith FAO es el mejor en cuanto a la obtención de los valores de ETo ya que da valores casi iguales y minuciosos.

COEFICIENTE DEL CULTIVO DEL PASTO INIAP-811

Gráfico 3: Kc promedio del pasto INIAP-811 para las diferentes etapas



En el gráfico 3, se muestran los valores de K_c del pasto INIAP-811 en época lluviosa, los cuales aumentaron en cada periodo fenológico.

La primera etapa (Inicial) contiene el valor del coeficiente de rendimiento promedio (K_c) 0,91, esta etapa tiene un periodo de 9 días. En la segunda etapa (Desarrollo), se registró un K_c de 1,08 para un periodo de 15 días. Para la tercera etapa (Producción), tuvo un K_c de 1,22 para un periodo de 11 días y en la cuarta etapa, la última del cultivo, presenta un K_c de 0,96 para un periodo de 15 días.

Entre la fecha de siembra y el momento en que el cultivo alcanza aproximadamente el 10% de cobertura del suelo, ocurre la etapa inicial. El tipo de cultivo, la variedad, la fecha de siembra y el clima determinan la longitud de la etapa inicial. Cuando la vegetación verde cubre aproximadamente el 10% de la superficie del suelo, comienza la etapa inicial. La fecha de siembra para cultivos perennes se reemplaza por el instante en que salen las primeras hojas.

El período de desarrollo del cultivo comienza cuando la cobertura del suelo es del 10% y llega a la cobertura efectiva completa. Para muchos cultivos, el estado de cobertura completa ocurre al inicio de la floración. Para cultivos en hieleras, donde el traslape entre hieleras es común.

El período de tiempo entre la cobertura completa o después de que K_c alcance su valor máximo y el comienzo de la madurez se conoce como etapa de producción. El comienzo de la madurez se indica generalmente por el comienzo de la vejez, el amarillamiento o la senescencia de las hojas, la caída de las hojas o la aparición de color marrón en el fruto, incluso el nivel de reducción de la evapotranspiración del cultivo en correlación con la E_{To} de referencia.

La etapa de inflorescencia y madurez es el período que va desde el inicio de la madurez hasta que llegue la cosecha. Se supone que el cálculo de los valores de Kc y ETc termina cuando el cultivo es cosechado, secado al natural, consigue la completa senescencia o advierte la caída de las hojas (Servin, 2015).

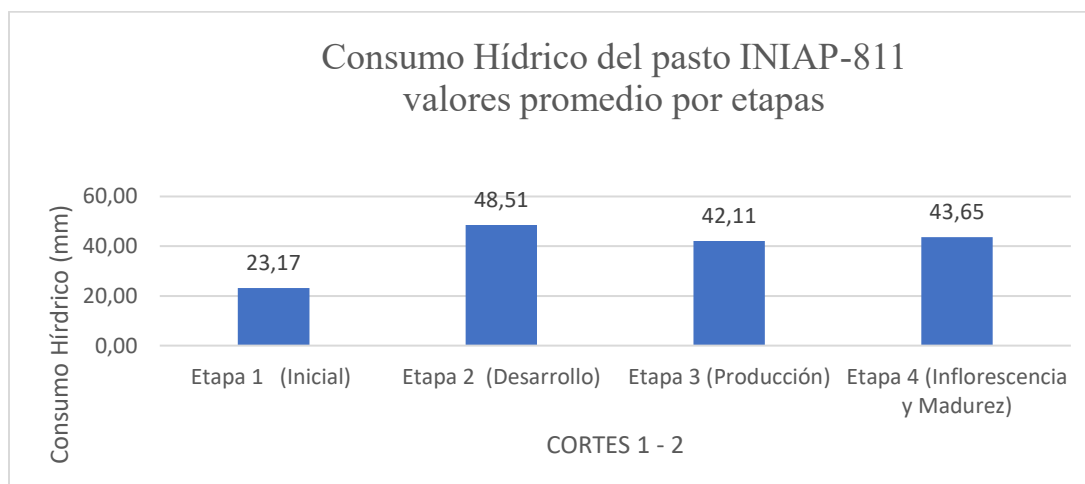
La modificación de cada KC apunta a todo el periodo vegetativo del cultivo, las condiciones climáticas que intervienen en la curva para la obtención de ETo y ETc son; la insolación, la temperatura del aire, la humedad relativa, la velocidad del viento y la fase fenológica del cultivo (Tarazona et al., 2021).

CONSUMO HÍDRICO DEL PASTO INIAP-811

Tabla 4: Consumo hídrico del pasto INIAP-811 época lluviosa

Consumo Hídrico del pasto INIAP-811 (Época lluviosa)					
Periodo de siembra	Etapa 1 (Inicial)	Etapa 2 (Desarrollo)	Etapa 3 (Producción)	Etapa 4 (Inflorescencia y Madurez)	Total de consumo promedio en las etapas
Corte 1 (mm)	23,13	53,98	49,11	51,43	
Corte 2 (mm)	23,2	43,04	35,1	35,86	
Valores promedio	23,17	48,51	42,11	43,65	157,43

Gráfico 4: Consumo hídrico del pasto INIAP-811 valores promedios por etapas



En el gráfico 4, se determinó el consumo hídrico por cada etapa, se realizó un promedio total de los valores obtenidos de cada corte en la investigación. En la etapa inicial se obtuvo un consumo hídrico de 23,17 mm/m², en la etapa de desarrollo se evidenció un consumo hídrico de 48,51 mm/m², en la tercera etapa de producción se registró un consumo hídrico de 42,11 mm/m², y en la última etapa de inflorescencia y madurez se obtuvo un consumo hídrico de 43,65 mm/m².

Se realizó una sumatoria total para determinar el consumo hídrico total, lo cual dio como resultado 157,43 mm/m² para el pasto INIAP-811 para la época lluviosa.

Necesidades hídricas del pasto INIAP-811

Tabla 5: Necesidad Hídrica del pasto INIAP-811

PRIMER CORTE

ETAPAS	DÍAS	PERIODO		Eto cubeta (prom)	Kc cubeta (prom)	Etc (mm/día) (prom)	Etc (mm/etapa)		
		FECHA DESDE	FECHA HASTA						
I	9	12/3/2023	20/3/2023	2,69	-3,99	0,39	3,51	3,51	
II	11	21/3/2023	31/3/2023	5,02	0,72	3,59	3,59	37,19	
	4	01/4/2023	4/4/2023	3,15	-6,84	2,40	33,60		
III	11	5/4/2023	15/4/2023	3,85	1,23	4,38	48,18	48,18	
IV	6	16/4/2023	21/4/2023	4,46	-0,02	3,13	18,78	60,54	
	9	22/4/2023	30/4/2023	3,25	1,43	4,64	41,76		
TOTAL	50						TOTAL	161,32	

En la tabla 5, se da a conocer las necesidades hídricas que tuvo el pasto desde el mes de marzo hasta el mes de abril, se escogió estos dos meses debido a que existe una mayor evapotranspiración (ETo) en dichos meses. En la primera etapa con una duración de 9 días, tuvo una ETc promediado de 0,39 mm/día y el consumo hídrico fue de 3,51 mm/etapa. En la segunda etapa con una duración de 15 días, los cuales 11 días representaron al mes de marzo y 4 días al mes de abril, se observó un ETc de 3,59 mm/día para el mes de marzo y 2,40 mm/día para el mes

de abril respectivamente, y se evidenció un consumo hídrico de 37,19 mm/etapa, en la tercera etapa con una duración de 11 días, el ETc fue de 4,38 mm/día y su consumo hídrico fue de 48,18 mm/etapa y en la última etapa para los 6 primeros días se obtuvo un ETc de 3,13 mm/día con un consumo hídrico de 18,78 mm/etapa y los otros 9 días un ETc de 4,64 mm/día y su consumo hídrico de 41,76 mm/etapa. Al sumar el consumo hídrico de todas las etapas el pasto INIAP-811 tuvo una necesidad hídrica de 161,32 mm para periodos de época lluviosa.

VARIABLES DE PRODUCCIÓN

Tabla 6: Variables de Producción del pasto INIAP-811

PASTO INIAP-811			
Datos promedios			
Cortes	1	2	Promedio
Altura de la planta (m)	2,41	1,81	2,11
Materia húmeda TOTAL (gr/m ²)	5960	2663,33	4311,67
Materia muerta (gr)	90,00	35,00	62,50
Número de tallos	93	74	84
Peso de tallos (gr)	4120	1501,67	2810,83
Número de hojas	617,67	487,33	553
Peso de hojas (gr)	2058,33	891,67	1475,00
Área foliar hojas(cm ²)	62905,83	23696,72	43301,28
Porcentaje de Materia seca (m ²)	28%	26%	27%

En la tabla 6, se muestran los resultados obtenidos de las características del pasto INIAP-811, el cual son valores promediados de 3 macollas (1 ubicada en el centro del lisímetro y las otras 2 a los lados del lisímetro) (Ver Ilustración 5), durante los 2 cortes realizados. Las macollas seleccionadas del pasto INIAP-811 tuvieron una altura promedio de alrededor 2,11 metros, un número de 553 hojas en promedio por macolla, con un peso de 1475 gr., se obtuvo 84 tallos en promedio por macolla, con un peso de 2810,83gr., obteniendo un rendimiento de materia

húmeda promedio de 4311,67 gr. y una materia muerta de 62,50 gr., el área foliar fue de 43301,28 cm² por macolla.

Además, se tomaron muestras de 100 gramos de hojas y tallos y se llevaron a la estufa durante 48 horas a 60°C, para determinar el rendimiento de la materia seca. El primer corte produjo un 28 % de materia seca de hojas y tallos, mientras que el segundo corte produjo un 26 % de materia seca de hojas y tallos. Ambos cortes producen un promedio de un 27 % de materia seca de hojas y tallos.

Programación de riego por aspersion en época lluviosa para el pasto INIAP-811

Tabla 7: Programación de riego para el pasto INIAP-811

MESES	Eto	Kc	Etc (mm/día)	P (mm)	Pe (mm)		RAD (mm)	LN (mm)	RL	LT (mm)	NN (mm/día)	SE RIEGA O NO SE RIEGA	FR (días)	LN ajustada (mm)	LT ajustada (mm)	Iap (mm/hora)	Tr (horas)
					MES	DÍA											
MARZO	2,93	0,91	2,67	2,83	2,26	0,2511	70,42	21,13	0,06	29,96	0,41	SE RIEGA	73,75	2,03	2,89	4	1
		1,15	3,37								1,11	SE RIEGA	27,01	5,55	7,89		2
ABRIL	3,80	1,15	4,37	3,60	2,88	0,0929					1,49		SE RIEGA	20,11	7,45		10,60
		1,25	4,75								1,87	16,02		9,35	13,30		4
		0,99	3,76								0,88	33,97		4,41	6,27		2
MAYO	3,00	0,91	2,73	2,82	2,26	0,0753					0,47	SE RIEGA	63,75	2,35	3,34		1
		1,00	3,00								0,74		40,49	3,70	5,26		1
		1,18	3,54								1,28		23,41	6,40	9,10		2
JUNIO	2,90	1,18	3,42	2,26	2,00	0,0690					1,42	SE RIEGA	21,07	7,11	10,11		3
		0,92	2,67								0,67		44,86	3,34	4,75		1

En la tabla 7, nos podemos dar cuenta que el pasto se riega mediante el sistema por aspersión, por lo ende, para determinar la programación de riego por aspersión es muy importante conocer y considerar las características del emisor, las cuales son: un aspersor de impacto, con su respectivo caudal de 1051 l/h, su diámetro mojado de 25,63 m. y el espaciamiento entre laterales de 16,66 m., la intensidad de aplicación del agua al pasto INIAP-811 fue de 4 lt/h/m², según las características del aspersor. La necesidad neta del pasto varía desde los 0,41 a 1,87 mm/día, el tiempo de riego varía de 1 a 4 horas, considerando las diferentes etapas del cultivo. Razón la cual los datos de la conductividad eléctrica del agua utilizada en la programación son de 0.37 dS/m., logrando un requerimiento de lavado de 0.06.

La lámina total de riego ajustada promedio; para el primer corte (12 de marzo al 20 de abril) en la primera etapa (Inicial) constituida de 9 días, arrojó un valor de 2,89 mm, la segunda etapa (Desarrollo) de 15 días se obtuvo como resultado una lámina total ajustada de 9,24 mm, la tercera etapa (Producción) se estableció una lámina total de riego ajustada de 13,30 mm y para la última etapa de Inflorescencia y Madurez se reportó una lámina total de riego ajustada de 4,81 mm. Para el segundo corte (1 de mayo al 19 de junio), la primera etapa arrojó un valor de 5,26 mm, la segunda etapa obtuvo como resultado una lámina total ajustada de 9,61 mm, la tercera etapa se estableció una lámina total de riego ajustada de 4,75 mm y para la última etapa se reportó una lámina total de riego ajustada de 4,75 mm.

A medida que pasan los días de crecimiento, el consumo de agua del pasto aumenta porque la planta aumenta sus características vegetativas. En lo que corresponde a los Kc podemos apreciar que en la etapa 3 o (producción) tenemos un valor más elevado que los demás y puede ser por las condiciones climáticas que se pudo haber dado en dicha etapa.

En lo que corresponde a las variables del pasto en los dos cortes que se hicieron respectivamente observamos que el primer corte la planta tuvo una mayor área foliar en sus hojas ya sea esta por las condiciones o por el buen rendimiento que en su momento tuvo el pasto.

Por otro lado, nos podemos dar cuenta en el gráfico de comparación de métodos para estimar ETo, que la comparación entre los métodos usando datos climáticos, mostró correlación significativa entre los diferentes valores correspondientes a los meses lluviosos en el sector Garrapata del cantón Chone.

CONCLUSIONES

Para determinar la evapotranspiración de referencia de la zona de estudio, se utilizan métodos indirectos. El método de Penman es el más puntual porque muestra valores equivalentes en los meses estudiados en el pasto.

En cada una de los cortes se observó el consumo real de recursos hídricos por parte del cultivo; sin embargo, el primer corte tuvo un mayor consumo debido al aumento del área foliar de la pasta INIAP-811.

La evapotranspiración del cultivo (ET_c) y la evapotranspiración de referencia (ET_o) están relacionadas con el índice de cultivo (K_c). Los resultados promediados fueron de 0,91 para la etapa inicial, 1,08 para la segunda etapa de desarrollo, 1,22 para la tercera etapa de producción y 0,96 para la última etapa de inflorescencia y madurez. A diferencia de la etapa anterior, estos valores se desarrollaron en cada etapa, pero siguieron su progreso con respecto a la etapa anterior.

La programación de riego establecida para la investigación se determinó mediante el riego por aspersión donde se obtuvo los siguientes valores, la frecuencia de riego para el pasto INIAP-811 fue de 5 días, con tiempos de riego de 1 a 4 horas para cada una de sus etapas y con una intensidad de aplicación de 4 mm/h.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Obtenido de ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN:
<https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm?fbclid=IwAR0YtwHUsNvVtkGmZ>
- Arias, J (2012). “*Comportamiento Agronómico Y Valor Nutricional De Tres Variedades De Pastos Pennisetum Para Corte En La Zona De Pichilingue Provincia De Los Rios* “
- Avilés, D., Cuétara, L., y Suarez, D. (15 de Agosto de 2020). *La actividad ganadera como elemento de bienestar en las comunidades rurales del canton Chone*. Dialnet.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7554335>
- Casierra, F., Peña, G., & Peña, J. (2008). *Estimación indirecta del área foliar en Fragaria vesca L., Physalis peruviana L., Acca sellowiana (Berg.) Burret, Rubus glaucus L., Passiflora mollissima (Kunth) L. H. Bailey Y Ficus carica L.* Obtenido de Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, Vol.11 No.1:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262008000100012
- Chavarría, J., Ramirez, J., Zambrano, J., Bravo, R., & 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>
- Collaguazo, G. (2014). *Necesidades hídricas de pasturas con manejo convencional en la zona de influencia del canal de riego Cayambe-Pedro Moncayo*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana de Quito:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6225/1/UPS-YT00282.pdf>

- Díaz, M. (2006). *La fórmula de Penman-Monteith Fao 1998 para determinar la evapotranspiración de referencia, ETo*. *Terra Nueva Etapa*, 31-72.
- Fernández, M. (2020) Estudio y desarrollo de modelo de eficiencia hídrica de riego basado en agricultura Tesis. Universidad Andrés Bello. Disponible en:
<http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/15527>
- García, M., Puppo, L., Hayashi, R., & Morales, P. (2018). *Metodología para determinar los parámetros hídricos de un suelo a campo*. Obtenido de Facultad de Agronomía, Departamento de Suelos y Aguas:
<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Metodologia%20para%20determinar%20los%20parametros%20hidricos%20de%20%20un%20suelo%20a%20campo.pdf>
- Hernández, M., López, S., Jarillo, J., Ortega, E., Pérez, J., Díaz P., y Crosby, M. (2020). *Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con Leucaena leucocephala y Megathyrsus maximus cv. Tanzania*. Scielo.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11242020000100053
- INIAP. (2014). *Pasto elefante INIAP 811*. Obtenido de
<http://tecnologia.iniap.gob.ec/images/rubros/contenido/pastot/3elefante.pdf>
- Ministerio de Agricultura y Riego. (2018). *Uso eficiente del agua en la agricultura con fines de conservación* [Archivo PDF]. Perú.
https://repositorio.ana.gob.pe/handle/20.500.12543/3127?fbclid=IwAR1mEg9S2XO8qBiK3gkBZ4Gz8RHhbyYPGG5V-pyUGOjgPKx_Ov3cagwssLc
- Montealegre, F., y Gallardo, C. (1995). *Determinación de la evapotranspiración real en soya y evaluación de fórmulas empíricas de evapotranspiración de referencia en*

palmira. Universidad Nacional de Colombia.

https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15572/16330

Nieto, C., Pazmiño, E., Rosero, S., y Quishpe, S.. (2018). *Estudio del aprovechamiento de agua de riego disponible por unidad de producción agropecuaria*. Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6724757>

Pereira, L.; de Juan, J.; Picornell, M.; Tarjuelo, J. (2010). El riego y sus Tecnología Centro Regional de Estudios del Agua, Universidad de Castilla-La Mancha Albeceta, España, 296p, Disponible en: <http://crea.uclm.es/crea2/sp/index.php>

Perozo, A. (2013) Manejo de Pastos y Forrajes Tropicales. Ali David Perozo Bravo.

Quinteros, J., Gómez, J., Solano, M., Llumiquinga , G., Burgos, C., y Carrera , D. (2019).

Evaluación de la calidad de agua para riego y aprovechamiento del recurso hídrico de la quebrada Toglahuayco. SIEMBRA.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7153219>

Ramírez, J., Zambrano, D., Campuzano, J., Verdecia, D., Chacón, E., Arceo, Y., Labrada, J., & Uvidia, H. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18 (6), 1-12.

Reyes, J. (2021). Estimación del consumo hídrico del pasto king grass morado sometido a cosechas sucesivas. *(Tesis de titulación no publicada)*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Chone.

Salazar, C., Gonzáles, J., Corrales, D., Lacayo, J., Carrillo, K., & Montero, H. (2019).

Comparación de dos métodos para la determinación de la densidad aparente del suelo.

Obtenido de Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología

Agropecuaria, INTA. Costa Rica:

<https://www.buenastareas.com/ensayos/Comparaci%C3%B3n-De-M%C3%A9todos-De-Determinaci%C3%B3n-En/24451436.html>

Salguero, D. (2018). *Evaluación de tres métodos para determinar el requerimiento hídrico, del cultivo de Maíz (Zea mays. L.) var INIAP 102, cantón Riobamba, provincia de Chimborazo*. Obtenido de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo:
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10351/1/13T0867.pdf>

Servin, M. (2015). *Sistema para programar y calendarizar el riego de los cultivos en tiempo real*. Obtenido de Colegio de Postgraduados:
http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/2600/Servin_Palestina_M_MC_Hidrociencias_2015.pdf?sequence=1

Silicani, M. (2015). *Diseño, construcción y operación de un lisímetro de bajo costo*. Obtenido de Universidad Nacional de Cuyo:
https://digital.cic.gba.gob.ar/bitstream/handle/11746/8217/11746_8217.pdf-PDFA.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Tarazona, N., Chavarría, J., & Moreira, J. (2021). *Necesidades hídricas del cultivo de maíz blanco utilizando el lisímetro de drenaje*. Obtenido de Revista de Ciencias Agropecuarias “ALLPA”: Vol. 4 (Núm. 8):
<https://publicacionescd.uleam.edu.ec/index.php/allpa/article/download/348/559>

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

Villablanca, A., Cajias, E., & Allende, M. (2015). *Uso e instalación de tensiómetros [En línea]*.

Obtenido de Arica: Informativo INIA Ururi. no. 101:

<https://hdl.handle.net/20.500.14001/4575>

Zamora, J., y Prieto, D. (09 de 2016). Experiencias, debates y desafíos sobre el acceso, tratamiento y uso del agua. En I. N. Agropecuaria, *Agua de calidad con equidad*. Inta Digital. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1997>

Anexos de Tablas

Tabla 8: Datos climáticos del mes de marzo 2023 de la estación M0162

MARZO							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
12/03/2023	4,43	3,54	32,60	22,00	83	2	172,8
13/03/2023	7,16	5,73	33,40	22,00	90	2	172,8
14/03/2023	0,23	0,18	26,00	21,00	90	0	0
15/03/2023	0	0	33,80	22,00	87	2	172,8
16/03/2023	11	8,80	31,00	22,20	85	2	172,8
17/03/2023	5,86	4,69	33,20	21,00	85	2	172,8
18/03/2023	0,2	0,16	31,00	21,00	79	2	172,8
19/03/2023	0	0	32,20	19,80	82	2	172,8
20/03/2023	0,03	0,02	34,00	22,00	89	2	172,8
21/03/2023	0,8	0,64	33,80	22,00	87	2	172,8
22/03/2023	0,3	0,24	25,20	22,00	88	2	172,8
23/03/2023	0,13	0,10	31,00	22,00	91	2	172,8
24/03/2023	0,13	0,10	32,00	22,00	88	2	172,8
25/03/2023	0,9	0,72	32,40	22,00	79	2	172,8
26/03/2023	1,63	1,30	33,80	22,40	87	2	172,8
27/03/2023	0,73	0,58	33,20	22,00	84	2	172,8
28/03/2023	0	0	33,20	21,40	82	2	172,8
29/03/2023	0,56	0,45	32,60	22,00	89	0	0
30/03/2023	13,86	11,09	33,00	22,00	87	2	172,8
31/03/2023	8,66	6,93	31,20	22,00	88	2	172,8
PROMEDIO	2,83	2,26	31,93	21,74	86	1,8	155,52

Tabla 9: Datos climáticos del mes de abril 2023 de la estación M0162

ABRIL							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/04/2023	0	0	30,00	22,00	83	2	172,8
02/04/2023	3,43	2,74	33,00	22,40	82	2	172,8
03/04/2023	1,3	1,04	33,00	22,00	84	2	172,8
04/04/2023	0,4	0,32	33,00	22,00	83	2	172,8
05/04/2023	1	0,8	32,40	22,40	85	2	172,8
06/04/2023	1	0,8	29,20	22,00	89	2	172,8
07/04/2023	0	0	33,00	21,20	86	3	259,2
08/04/2023	2,26	1,81	34,20	22,20	83	2	172,8
09/04/2023	0,1	0,08	31,00	20,20	84	2	172,8
10/04/2023	1,1	0,88	32,20	22,00	79	2	172,8
11/04/2023	3,26	2,61	33,80	22,00	87	2	172,8
12/04/2023	1,5	1,2	33,00	22,00	87	2	172,8
13/04/2023	1,5	1,2	33,00	22,00	85	2	172,8
14/04/2023	4,43	3,54	33,20	22,00	88	2	172,8
15/04/2023	18,86	15,09	32,40	22,00	84	2	172,8
16/04/2023	6,7	5,36	31,00	21,20	92	2	172,8
17/04/2023	0,03	0,02	32,20	22,00	90	2	172,8
18/04/2023	0	0	33,20	22,20	88	2	172,8
19/04/2023	24,33	19,46	32,80	22,20	89	2	172,8
20/04/2023	4,6	3,68	31,40	22,00	92	2	172,8
21/04/2023	0,26	0,21	32,80	22,00	86	2	172,8
22/04/2023	1,8	1,44	31,00	22,20	90	2	172,8
23/04/2023	1,66	1,33	32,00	22,80	90	0	0
24/04/2023	0	0	32,20	22,00	79	2	172,8
25/04/2023	0	0	33,80	22,00	81	2	172,8
26/04/2023	0	0	33,80	22,00	81	2	172,8
27/04/2023	11,3	9,04	33,80	22,20	83	2	172,8
28/04/2023	3,46	2,77	31,40	22,00	82	2	172,8
29/04/2023	7,86	6,29	32,20	22,00	87	2	172,8
30/04/2023	6	4,8	33,00	21,20	79	2	172,8
PROMEDIO	3,60	2,88	32,43	21,95	85	1,97	169,92

Tabla 10: Datos climáticos del mes de mayo 2023 de la estación M0162

MAYO							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/05/2023	0	0	33,00	22,00	87	2	172,8
02/05/2023	0	0	33,00	22,00	83	2	172,8
03/05/2023	5,56	4,45	32,80	22,20	90	2	172,8
04/05/2023	0,86	0,69	33,00	22,00	85	2	172,8
05/05/2023	16,53	13,22	31,80	23,00	92	2	172,8
06/05/2023	0,4	0,32	31,00	21,00	80	2	172,8
07/05/2023	5,5	4,4	33,20	23,20	83	2	172,8
08/05/2023	1,66	1,33	33,80	23,00	83	2	172,8
09/05/2023	0,5	0,4	31,80	23,00	88	2	172,8
10/05/2023	5,23	4,18	31,00	23,00	87	2	172,8
11/05/2023	0	0	32,00	23,00	91	2	172,8
12/05/2023	8,56	6,85	33,00	23,20	90	2	172,8
13/05/2023	3,9	3,12	29,00	23,00	84	2	172,8
14/05/2023	1,46	1,17	31,00	23,40	84	2	172,8
15/05/2023	0,33	0,26	31,80	23,00	85	2	172,8
16/05/2023	0,07	0,05	32,00	23,00	83	2	172,8
17/05/2023	1,83	1,46	32,20	23,00	83	2	172,8
18/05/2023	1,53	1,22	29,80	22,00	85	2	172,8
19/05/2023	0,6	0,48	33,20	22,40	82	2	172,8
20/05/2023	0,3	0,24	31,20	22,00	84	2	172,8
21/05/2023	0,07	0,05	32,00	21,20	80	2	172,8
22/05/2023	0	0	32,00	22,00	86	2	172,8
23/05/2023	0	0	31,80	22,20	85	2	172,8
24/05/2023	13,56	10,85	27,80	23,00	90	2	172,8
25/05/2023	0,6	0,48	32,00	22,00	88	2	172,8
26/05/2023	1,5	1,2	36,00	22,40	85	2	172,8
27/05/2023	4,5	3,6	28,00	23,00	90	2	172,8
28/05/2023	9,83	7,86	29,00	22,40	90	2	172,8
29/05/2023	1,83	1,46	31,20	22,00	85	2	172,8
30/05/2023	0,43	0,34	32,40	22,40	80	2	172,8
31/05/2023	0,3	0,24	30,80	23,00	82	2	172,8
PROMEDIO	2,82	2,26	31,70	22,52	85	2	172,8

Tabla 11: Datos climáticos del mes de junio 2023 de la estación M0162

JUNIO							
FECHA	PP (mm)	P.EF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv(km/d)
01/06/2023	0	0	31,60	22,40	84	2	172,8
02/06/2023	0,73	0,58	33,20	24,40	83	2	172,8
03/06/2023	13,7	10,96	30,00	23,00	96	2	172,8
04/06/2023	1,06	0,85	31,20	21,40	91	2	172,8
05/06/2023	0	0	32,20	23,00	82	2	172,8
06/06/2023	6,9	5,52	31,00	23,00	89	2	172,8
07/06/2023	7,56	6,05	31,20	23,00	92	2	172,8
08/06/2023	8,86	7,09	32,00	22,00	92	2	172,8
09/06/2023	0,23	0,18	32,20	22,00	92	2	172,8
10/06/2023	0	0	32,20	23,00	85	2	172,8
11/06/2023	0,96	0,77	32,00	23,20	92	0	0
12/06/2023	0	0	29,20	22,20	88	2	172,8
13/06/2023	0,76	0,61	31,00	22,40	86	2	172,8
14/06/2023	0	0	30,60	22,40	87	2	172,8
15/06/2023	0	0	31,20	22,20	89	2	172,8
16/06/2023	1,4	1,12	32,20	22,22	89	2	172,8
17/06/2023	0	0	32,80	22,00	84	2	172,8
18/06/2023	0,83	0,66	31,80	20,20	84	2	172,8
19/06/2023	0	0	30,60	22,00	89	0	0
PROMEDIO	2,26	2	31,48	22,42	88	1,79	154,61

Tabla 12: Valores obtenidos de la lectura de los tensiómetros

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60 cm
12/03/2023	1	0
13/03/2023	0	0
14/03/2023	0	0
15/03/2023	0	0
16/03/2023	0	0
17/03/2023	0	0
18/03/2023	0	0
19/03/2023	0	0
20/03/2023	2	0
21/03/2023	2	0
22/03/2023	0	0
23/03/2023	1	0
24/03/2023	2	0
25/03/2023	2	0
26/03/2023	2	0
27/03/2023	2	0
28/03/2023	2	0
29/03/2023	2	0
30/03/2023	0	0
31/03/2023	0	0

Tabla 13: Valores obtenidos de la lectura de los tensiómetros

TENSIOMETRO		
FECHA	30 cm	60 cm
01/04/2023	0	0
02/04/2023	1	0
03/04/2023	1	0
04/04/2023	1	0
05/04/2023	1	0
06/04/2023	1	0
07/04/2023	1	0
08/04/2023	2	0
09/04/2023	3	0
10/04/2023	3	0
11/04/2023	3	0
12/04/2023	1	0
13/04/2023	1	0
14/04/2023	1	0
15/04/2023	0	0
16/04/2023	0	0
17/04/2023	1	0
18/04/2023	2	0
19/04/2023	2	0
20/04/2023	2	0
21/04/2023	1	0
22/04/2023	1	0
23/04/2023	1	0
24/04/2023	1	0
25/04/2023	2	0
26/04/2023	1	0
27/04/2023	2	0
28/04/2023	2	0
29/04/2023	2	0
30/04/2023	1	0

Tabla 14: Valores obtenidos de la lectura de los tensiómetros

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60cm
01/05/2023	2	0
02/05/2023	3	0
03/05/2023	1	0
04/05/2023	2	0
05/05/2023	1	0
06/05/2023	0	0
07/05/2023	2	0
08/05/2023	2	0
09/05/2023	1	0
10/05/2023	1	0
11/05/2023	2	0
12/05/2023	1	0
13/05/2023	2	0
14/05/2023	2	0
15/05/2023	2	0
16/05/2023	2	0
17/05/2023	1	0
18/05/2023	2	0
19/05/2023	2	0
20/05/2023	2	0
21/05/2023	3	0
22/05/2023	2	0
23/05/2023	2	0
24/05/2023	1	0
25/05/2023	2	0
26/05/2023	1	0
27/05/2023	2	0
28/05/2023	2	0
29/05/2023	2	0
30/05/2023	2	0
31/05/2023	2	0

Tabla 15: Valores obtenidos de la lectura de los tensiómetros

TENSIOMETROS		
FECHA	30 cm	60cm
01/06/2023	2	0
02/06/2023	2	0
03/06/2023	1	0
04/06/2023	3	0
05/06/2023	3	0
06/06/2023	2	0
07/06/2023	2	0
08/06/2023	2	0
09/06/2023	2	0
10/06/2023	2	0
11/06/2023	2	0
12/06/2023	2	0
13/06/2023	2	0
14/06/2023	2	0
15/06/2023	2	0
16/06/2023	2	0
17/06/2023	2	0
18/06/2023	2	0
19/06/2023	2	0

Tabla 16: Características del pasto INIAP-811 (CORTE I)

PRIMER CORTE				
Datos generales				Promedio de las tres muestras
Muestras	1	2	3 (Lisimetro)	
Altura de la planta (m)	2,4	2,4	2,43	2,41
Peso de materia verde (gr/m ²)	8980	5480	3420	5960
Materia muerta (gr)	135	95	40	90
Número de tallos	133	85	61	93
Peso de tallos (gr)	6410	3630	2320	4120
Número de hojas	894	548	411	617,67
Peso de hojas (gr)	3220	1715	1240	2058,33
Área foliar hojas(cm ²)	103723,4	54972,8	30021,3	62905,83
Datos de muestras para la estufa				Promedio
Muestra húmeda de hojas (gr)	100	100	100	100
Muestra seca de hojas (gr)	30	35	35	33,33
Área foliar de muestra (cm ²)	4847,2	4881,2	4884,4	4870,93
Muestra húmeda de tallos (gr)	100	100	100	100
Muestra seca de tallos (gr)	20	25	20	21,67
Materia Seca TOTAL (gr)	50	60	55	55
Materia Húmeda TOTAL (gr)	200	200	200	200
Porcentaje de materia seca	25%	30%	28%	28%

Tabla 17: Características del pasto INIAP-811 (CORTE II)

SEGUNDO CORTE				
Datos generales				Promedio de las tres muestras
Muestras	1	2	3 (Lisimetro)	
Altura de la planta (m)	1,75	1,94	1,73	1,81
Peso de materia verde (gr/m ²)	3390	2990	1610	2663,33
Materia muerta (gr)	40	40	25	35
Número de tallos	88	80	55	74,33
Peso de tallos (gr)	1845	1770	890	1501,67
Número de hojas	601	483	378	487,33
Peso de hojas (gr)	1130	965	580	891,67
Área foliar hojas(cm ²)	29572,8	27486,4	14031	23696,72
Datos de muestras para la estufa				Promedio
Muestra húmeda de hojas (gr)	100	100	100	100
Muestra seca de hojas (gr)	32	32	30	31,33
Área foliar de muestra (cm ²)	2262,8	1980,2	1453,7	1898,90
Muestra húmeda de tallos (gr)	100	100	100	100
Muestra seca de tallos (gr)	24	20	20	21,33
Materia Seca TOTAL (gr)	56	52	50	52,67
Materia Húmeda TOTAL (gr)	200	200	200	200
Porcentaje de materia seca	28%	26%	25%	26%

Tabla 18: Tabla general de datos diarios (Primer Corte)

DIAS	CORTE	ETAPA	FECHA	PP (mm)	PEF (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	vv (m/d)	LISIMETRO (PASTO)			Evp (mm/día)	Kp	Eto tanque (mm/día)	Eto Penman (mm/día)	KC CUBETA	KC PENMAN	Consumo Hidrico(CUBETA)	Consumo Hidrico(PENMAN)	INSOLACION HORAS	TOTAL CONSUMO (CUBETA)	TOTAL CONSUMO (PENMAN)
											R (mm)	AD (mm)	Etc (mm)											
50	PRIMER CORTE	ETAPA I	12/03/2023	4.43	3.54	32.60	22.00	83	2	172.8	5.8	3.54	5.80	4.8	0.85	4.08	2.9	1.42	2.00	3.69	2.58	6.9	23.02	23.25
			13/03/2023	7.16	5.73	33.40	22.00	90	2	172.8	5.2	2.0	-9.07	4.2	0.85	3.57	2.9	-2.54	-3.13	3.23	2.58	7.4		
			14/03/2023	0.23	0.18	26.00	21.00	90	0	0	1.2	8.35	-6.97	4.2	0.85	0.17	2.9	-40.98	-2.40	0.15	2.58	0		
			15/03/2023	0	0	33.80	22.00	87	2	172.8	5	2.52	2.48	4	0.85	3.40	2.9	0.73	0.86	3.08	2.58	6.7		
			16/03/2023	11	8.80	31.00	22.20	85	2	172.8	6.25	5.58	9.47	5.25	0.85	4.46	2.9	2.12	3.27	4.04	2.58	7.4		
			17/03/2023	5.86	4.69	33.20	21.00	85	2	172.8	5.1	14.86	-5.07	4.1	0.85	3.49	2.9	-1.46	-1.75	3.15	2.58	7.5		
			18/03/2023	0.2	0.16	31.00	21.00	79	2	172.8	2.35	1.87	0.64	0.35	0.85	0.30	2.9	2.15	0.22	0.27	2.58	5.1		
			19/03/2023	0	0	32.20	19.80	82	2	172.8	4.5	0.72	3.78	3.5	0.85	2.98	2.9	1.27	1.30	3.78	2.58	8		
			20/03/2023	0.03	0.02	34.00	22.00	89	2	172.8	3.1	0.7	2.42	2.1	0.85	1.79	2.9	1.36	0.84	1.62	2.58	7.6		
			21/03/2023	0.8	0.64	33.80	22.00	87	2	172.8	8.9	3.95	3.59	5.9	0.85	5.02	2.9	0.72	1.24	5.77	3.36	7.3		
		22/03/2023	0.3	0.24	25.20	22.00	88	2	172.8	1.1	10.13	-8.79	0.1	0.85	0.09	2.9	-103.4	-3.03	0.10	3.36	0.2			
		23/03/2023	0.13	0.10	31.00	22.00	91	2	172.8	2.4	0.91	1.59	1.4	0.85	1.2	2.9	1.34	0.55	1.37	3.36	0.7			
		24/03/2023	0.13	0.10	32.00	22.00	88	2	172.8	4.65	0.65	4.10	3.85	0.85	3.1	2.9	1.32	1.42	3.57	3.36	2.7			
		25/03/2023	0.9	0.72	32.40	22.00	79	2	172.8	7.45	0.45	7.72	6.45	0.85	5.5	2.9	6.31	2.66	6.31	3.36	8.4			
		26/03/2023	1.63	1.30	33.80	22.40	87	2	172.8	5.65	0.91	6.04	4.65	0.85	4.0	2.9	1.53	2.08	4.55	3.36	5.5			
		27/03/2023	0.73	0.58	33.20	22.00	84	2	172.8	3.7	0.95	3.33	2.7	0.85	2.3	2.9	1.45	1.15	2.64	3.33	2.4			
		28/03/2023	0	0	33.20	21.40	82	2	172.8	6	0.6	5.4	5	0.85	4.3	2.9	1.27	1.86	4.89	3.36	7			
		29/03/2023	0.96	0.45	32.60	22.00	89	0	0	6.7	0.32	6.83	5.7	0.85	4.8	2.9	1.41	2.35	5.59	3.36	8			
		30/03/2023	13.96	11.09	33.00	22.00	87	2	172.8	4.85	2.0	-4.06	3.85	0.85	3.3	2.9	-1.24	-1.40	3.77	3.36	4.3			
		31/03/2023	8.66	6.93	31.20	22.00	88	2	172.8	2	13.1	-4.17	1	0.85	0.9	2.9	-4.91	-1.44	0.98	3.36	2.4			
		01/04/2023	0	0	30.00	22.00	83	2	172.8	4.25	2.1	2.15	3.25	0.85	2.8	2.9	0.78	0.69	3.18	3.61	9.4			
		02/04/2023	3.43	2.74	33.00	22.40	82	2	172.8	5.8	4.12	4.42	4.8	0.85	4.1	2.9	1.08	1.42	4.70	3.61	7.6			
		03/04/2023	1.3	1.04	33.00	22.00	84	2	172.8	6.15	2.25	4.94	5.15	0.85	4.4	2.9	1.13	1.59	5.04	3.61	7.7			
		04/04/2023	0.4	0.32	33.00	22.00	83	2	172.8	5.2	1.47	4.05	4.2	0.85	3.6	2.9	1.13	1.30	4.11	3.61	8.2			
		05/04/2023	1	0.8	32.40	22.40	85	2	172.8	5.75	0.75	5.8	4.75	0.85	4.0	2.9	1.44	1.86	5.06	4.09	2.9			
		06/04/2023	1	0.8	29.20	22.00	89	2	172.8	3	0.38	3.42	2	0.85	1.7	2.9	2.01	1.10	2.24	4.09	0			
		07/04/2023	0	0	33.00	21.20	86	3	259.2	5.25	0.97	4.28	4.25	0.85	3.6	2.9	1.18	1.38	4.53	4.09	12.6			
		08/04/2023	2.26	1.81	34.20	22.20	83	2	172.8	5.3	0.63	6.48	4.3	0.85	3.7	2.9	1.77	2.08	4.58	4.09	5.6			
		09/04/2023	0.1	0.06	31.00	20.20	84	2	172.8	4.8	0.59	4.29	3.8	0.85	3.2	2.9	1.33	1.38	4.05	4.09	4.5			
		10/04/2023	1.1	0.88	32.20	22.00	79	2	172.8	5.3	0.12	5.46	4.3	0.85	3.7	2.9	1.49	1.78	4.58	4.09	7.3			
		11/04/2023	3.26	2.61	33.80	22.00	87	2	172.8	6.8	3.63	5.78	5.8	0.85	4.9	2.9	1.17	1.86	6.18	4.09	8.4			
		12/04/2023	1.5	1.2	33.00	22.00	87	2	172.8	4	2.25	2.95	3	0.85	2.6	2.9	1.16	0.95	3.20	2.6	4.09	3.6		
		13/04/2023	1.5	1.2	33.00	22.00	85	2	172.8	5	2.6	3.6	4	0.85	3.4	2.9	1.06	1.16	4.26	4.09	8.2			
		14/04/2023	4.43	3.54	33.20	22.00	88	2	172.8	6.05	8.95	0.64	5.05	0.85	4.3	2.9	0.15	0.21	5.38	4.09	6.3			
		15/04/2023	18.86	15.09	32.40	22.00	84	2	172.8	3.6	19.23	5.46	6.6	0.85	7.3	2.9	0.75	1.75	9.16	4.09	6.3			
		16/04/2023	6.7	5.36	31.00	21.20	92	2	172.8	2.5	12.4	-4.54	1.5	0.85	1.3	2.9	-3.56	-1.46	1.27	3.15	2.2			
		17/04/2023	0.03	0.02	32.20	22.00	90	2	172.8	3.85	1.77	2.10	2.85	0.85	2.4	2.9	0.87	0.68	2.41	3.15	2.2			
		18/04/2023	0	0	33.20	22.20	88	2	172.8	5.25	1.67	3.58	4.25	0.85	3.6	2.9	0.99	1.15	3.99	3.15	7.6			
		19/04/2023	24.33	19.46	32.80	22.20	89	2	172.8	17	2.0	16.46	16	0.85	15.6	2.9	1.21	5.29	13.52	3.15	4.2			
		20/04/2023	4.8	3.68	31.40	22.00	92	2	172.8	4.3	9.65	-1.67	3.3	0.85	2.9	2.9	-0.60	-0.54	2.79	3.15	3.1			
		21/04/2023	0.26	0.21	32.80	22.00	86	2	172.8	4.55	1.91	2.85	3.55	0.85	3.0	2.9	0.94	0.92	3.00	3.15	3.5			
		22/04/2023	1.8	1.44	31.00	22.20	90	2	172.8	6.15	3.15	4.44	5.15	0.85	4.4	2.9	1.01	1.43	4.35	3.15	5.2			
		23/04/2023	1.66	1.33	32.00	22.80	90	0	0	2	2.55	0.78	1	0.85	0.9	2.9	0.92	0.25	0.84	3.15	0			
		24/04/2023	0	0	32.20	22.00	79	2	172.8	5	0.73	4.27	4	0.85	3.4	2.9	1.26	1.37	3.38	3.15	10.6			
		25/04/2023	0	0	33.80	22.00	81	2	172.8	5.25	0.42	4.83	4.25	0.85	3.6	2.9	1.34	1.55	3.59	3.15	10.6			
		26/04/2023	0	0	33.80	22.00	81	2	172.8	4.5	1.45	3.05	3.5	0.85	3.0	2.9	1.03	0.96	2.96	3.15	9.8			
		27/04/2023	11.3	9.04	33.80	22.20	83	2	172.8	6.3	11.56	3.78	5.3	0.85	4.5	2.9	0.84	1.22	4.48	3.15	6.3			
		28/04/2023	3.46	2.77	31.40	22.00	82	2	172.8	4.4	6	1.17	3.4	0.85	2.9	2.9	0.40	0.38	2.87	3.15	5.5			
		29/04/2023	1.86	6.29	32.20	22.00	87	2	172.8	4.1	0.83	9.56	3.1	0.85	2.6	2.9	3.63	3.07	2.62	3.15	5.8			
		30/04/2023	6	4.8	33.00	21.20	79	2	172.8	7.5	0.7	9.85	4.75	0.85	4.0	2.9	2.44	3.17	4.01	3.15	3.1			
PRIMEDIC			3.30	2.64	32.23	21.88	85.56	1.9	164.16			4.04		3.4	3.01					5.81				

Tabla 20: Datos insolación horas mes de marzo

INSOLACION HORAS
6,9
7,4
0
6,7
7,4
7,5
5,1
8
7,6
7,3
0,2
0,7
2,7
8,4
5,5
2,4
7
8
4,3
2,4

Tabla 21: Datos insolación horas mes de abril

INSOLACION HORAS
9,4
7,6
7,7
8,2
2,9
0
12,6
5,6
4,5
7,3
8,4
3,6
8,2
6,3
6,9
2,2
2,2
7,6
4,2
3,1
3,5
5,2
0
10,6
10,6
9,8
6,3
5,5
5,8
9,1

Tabla 22: Datos insolación horas mes de mayo

INSOLACION HORAS
8,7
4,5
4,6
9,2
2
7,9
3,4
4,6
5,3
6,3
5,3
5,6
6,3
6,3
5,4
7,3
6,7
1,3
8,3
3,8
3,4
8,1
4,4
0
5,4
7,8
1,1
1
3,8
5,9
2,2

Tabla 23: Datos insolación horas mes de junio

INSOLACION HORAS
2,2
8,6
1,2
4
8,1
1,4
4
6
4,1
6,9
3
1,1
4,7
1,6
6,2
2,5
6,2
6,2
2,3

Anexos, Fotografías

Ilustración 1: Zona de estudio



Ilustración 2: Instalación de tensiómetros en el lisímetro



Ilustración 3: Lisímetro con sus 9 macollas



Ilustración 4: Cultivo en etapa de crecimiento



Ilustración 5: Desarrollo del cultivo



Ilustración 6: Cultivo en etapa de corte



Ilustración 7: Agua drenada del lisímetro



Ilustración 8: Corte respectivo del cultivo



Ilustración 9: Peso de materia verde



Ilustración 10: Peso de la muestra (100 gr)



Ilustración 11: Obteniendo el dato de área foliar respectiva

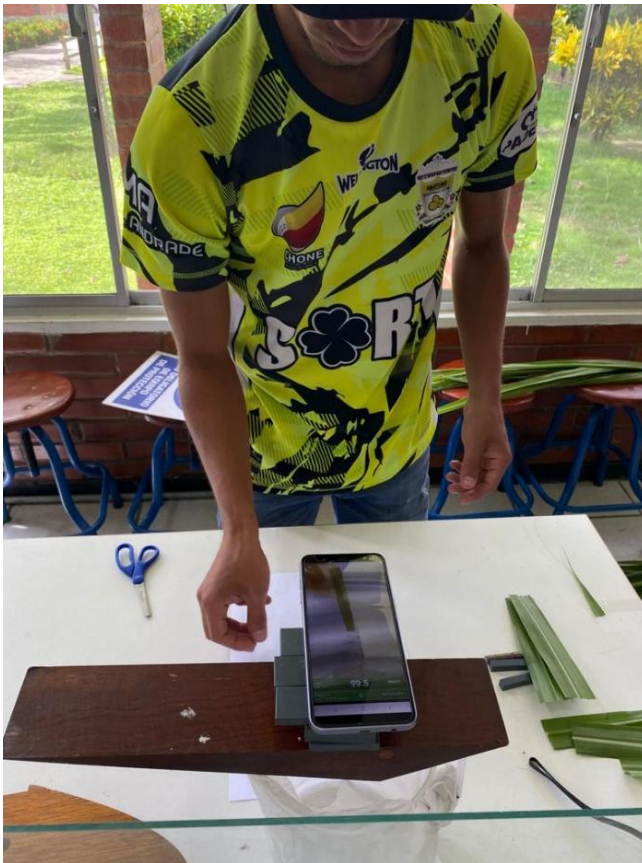


Ilustración 12: Muestra en el desecador



Ilustración 13: Peso seco de la muestra

