PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN

LISIMETRÍA DE DRENAJE EN LA ESTIMACIÓN DE LA EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA PARA EL SEGUNDO TRIMESTRE DEL 2023 EN EL SITIO GARRAPATA DEL CANTÓN CHONE

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN
GESTIÓN SOSTENIBLE Y APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS NATURALES

PREVIO AL TÍTULO DE
INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR
KEVIN IVÁN VERÁ SÁNCHEZ

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

PORTOVIEJO, AGOSTO 2023

Certificación de la Tesis

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

Tutor del plan de investigación curricular

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

_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M. Sc.

C.I. 130827219-2

Aprobación del Tribunal

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

(F)_____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

Presidente del Tribunal

(F)_____

Ing. Fabián Espinales Cedeño, M.Sc.

Primer Lector

(F)_____

Ing. Juan Fernando Quiroz, M.Sc.

Segundo Lector

Declaración de Originalidad

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

Autor:

F._____

Kevin Iván Vera Sánchez
Dirección: Chone
E-mail: kvera9512@pucem.edu.ec
Celular: 0968721828

Declaración de Derecho del Autor

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

Autor:

F._____

Kevin Iván Vera Sánchez

C.I. 1316749512

Agradecimiento y Dedicatoria

Agradezco a mis padres por el apoyo y motivación para poder conseguir esta meta y agradezco a Dios por darme las fuerzas y motivación durante una larga trayectoria llena de momentos difíciles, al Ing. Andy Giler por sus conocimientos, consejos y motivación.

Dedico esta investigación a mis padrinos que son parte fundamental en el apoyo económico de esta travesía.

Resumen

La investigación que se realizó fue cuantitativa, donde se calculó la evapotranspiración de referencia (ETo) durante el segundo trimestre del 2023 aplicando el método directo de lisimetría de drenaje y los indirectos como son Penman Monteih FAO56 con la cubeta evaporimétrica, buscando comparar la cercanía entre los resultados estimados. Para alcanzar el objetivo de la investigación se efectuó una parcela experimental en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Campus Chone, colindante a la estación metereológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAHMI] MA0162. Donde los resultados mediante el método indirecto de Penman Monteith FAO56 señalaron datos ETo de 4,01 mm/día en abril, 3,59 mm/día en mayo y 3,18 mm/día en junio; y mediante el método indirecto de la cubeta evaporimétrica se consiguieron resultados estimados de 2,59 mm/día en abril, 1,80 mm/día en mayo y 1,93 mm/día en junio. Mediante el método directo de lisimetría de drenaje se consiguieron datos estimados de evapotranspiración de referencia de 4,16 mm/día en abril, 3,78 mm/día en mayo y 3,01 mm/día en junio, donde al cotejarlo con el método indirecto de Penman Monteith FAO56, se observa que subestima el ETo en un 5,6% en junio y lo sobreestima en 5,1% en mayo y mediante el método indirecto de la cubeta evaporimétrica se observa que sobreestima esta variable con un 92,2% en mayo. Concluyendo que el método indirecto de Penman Monteih FAO56 posee datos más cercanos a las condiciones reales de la zona.

Palabras clave: riego, pasto, consumo, clima.

Abstract

The research that was carried out was quantitative, where the reference evapotranspiration (ETo) was calculated during the second quarter of 2023 applying the direct method of drainage lysimetry and the indirect ones such as Penman Monteih FAO56 with the evaporimetric bucket, seeking to compare the closeness between the estimated results. To achieve the objective of the research, an experimental plot was carried out at the Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Campus Chone, adjacent to the meteorological station of the National Institute of Meteorology and Hydrology [INAHMI] MA0162. Where the results using the indirect method of Penman Monteith FAO56 indicated ETo data of 4.01 mm/day in April, 3.59 mm/day in May and 3.18 mm/day in June; and using the indirect method of the evaporimetric cuvette, estimated results of 2.59 mm/day were obtained in April, 1.80 mm/day in May and 1.93 mm/day in June. Using the direct drainage lysimetry method, estimated reference evapotranspiration data of 4.16 mm/day in April, 3.78 mm/day in May and 3.01 mm/day in June were obtained, where when compared with the method indirect method of Penman Monteith FAO56, it is observed that it underestimates the ETo by 5.6% in June and overestimates it by 5.1% in May and by means of the indirect method of the evaporimetric bucket it is observed that it overestimates this variable with 92.2 % in May. Concluding that the indirect method of Penman Monteih FAO56 has data closer to the real conditions of the area.

Keywords: irrigation, pasture, consumption, clime.

Índice

Certificación de la Tesis ii

Aprobación del Tribunal iii

Declaración de Originalidad iv

Declaración de Derecho del Autor v

Agradecimiento y Dedicatoria vi

Resumen vii

Abstract viii

Índice de Tabla 11

Índice de Figuras 12

Índice de Fórmulas 13

Introducción 14

Materiales y Métodos 17

Tipo de investigación 17

Características del lugar 17

Localización 17

Ubicación geográfica 18

Condiciones climatológicas 18

Equipos y materiales 19

Materiales de campo 19

Materiales de oficina 19

Material biológico 19

Características del campo experimental 20

Cultivo del pasto tifton 20

Enfoque de la investigación 21

Tamaño de la muestra 21

Técnicas de investigación 21

Instrumentos de recolección de datos 21

Tratamiento estadístico 21

Métodos 22

Variables que se considerarán en la investigación 22

Estimación de las Variables que considerará la investigación 22

Manejo del experimento 24

Recolección de datos de la investigación 25

Resultados y discusión 27

Evapotranspiración de referencia mediante métodos indirectos 28

Evapotranspiración de referencia mediante el método directo 29

Conclusiones 32

Bibliografía 33

Anexos 38

Índice de Tabla

Tabla 1: Datos climatológicos promedios mensuales desde 1990 al 2013 18

Tabla 2: Características del lisímetro de drenaje 20

Tabla 3: Características de la parcela experimental 20

Tabla 4: Datos climatológicos promedios desde marzo hasta junio del 2023 28

Tabla 5: Evapotranspiración de referencia mediante métodos indirectos. 29

Tabla 6: Evapotranspiración de referencia mediante el método directo 30

Tabla 7: Datos climatológicos de abril del 2023 38

Tabla 8: Datos climatológicos de mayo del 2023 39

Tabla 9: Datos climatológicos de junio del 2023 40

Tabla 10: Datos del lisímetro durante abril del 2023 41

Tabla 11: Datos del lisímetro durante mayo del 2023 42

Tabla 12: Datos del lisímetro durante junio del 2023. 43

Tabla 13: Datos insolación de abril del 2023 44

Tabla 14: Datos insolación de mayo del 2023 45

Tabla 15: Datos insolación de junio del 2023 46

Índice de Figuras

Figura 1: Estación metereológica del Inamhi M0162 Chone U. Católica 17

Figura 2: Evapotranspiración de referencia mediante el método directo e indirectos 31

Figura 3: Consumo hídrico mensual del pasto de referencia desde abril a junio 2023..... 47

Figura 4: Recolección de información del lisímetro de drenaje 48

Figura 5: Reposición de lámina de riego diaria al pasto de referencia 49

Índice de Fórmulas

Fórmula 1: Evapotranspiración del cultivo mediante lisimetría de drenaje..... 22

Fórmula 2: Precipitación efectiva 23

Fórmula 3: Evapotranspiración del cultivo mediante cubeta evaporimétrica..... 23

Fórmula 4: Evapotranspiración del cultivo mediante Penman Monteith. 23

Introducción

El agua es fundamental para el desarrollo de la vida en el mundo, donde su acceso limitado acarrea inconvenientes con las demandas de poblaciones, productores agrícolas, instituciones, entre otros (Camacho, 2020). Siendo necesario considerar que el recurso hídrico destinado a las actividades agrícolas está decreciendo debido al aumento poblacional, las sequías, el deterioro en la calidad del agua y las competencias entre los diversos sectores (Mendoza *et al.* 2019); por lo que es necesario generar el análisis de una de las variables involucradas en este proceso como lo es la evapotranspiración de referencia (ETo) en interacción con estas problemáticas (Toro, Kretzschmar, y Hinojosa, 2014).

Se estima esta variable dentro del ciclo hidrológico, para conocer su interacción dentro del balance hídrico en una cuenca hidrográfica, pero también es utilizada en estudios hidrológicos, en modelos de cambio climático, en programaciones de riego, etc, (Rivas, 2005); Según Ortiz y Chile (2020), la evapotranspiración de referencia representa la demanda de agua evaporada en el aire, siendo necesario utilizar modelos empíricos, semi empíricos, fisicomatemáticos y con variables meteorológicas, en relación de los datos atmosféricos disponibles, para optar por un método que garantice la veracidad de los resultados (Toro *et al.* 2015).

El cálculo de la evapotranspiración de referencia se puede hacer mediante métodos directos e indirectos, siendo dependiente de la precisión en la zona y de los datos metereológicos disponibles (Sánchez, 2001); dentro de los métodos directos se pueden mencionar el «lisímetro, micro lisímetro, el cálculo de Bowen y sistemas de flujo turbulentos» (Navejas *et al.* 2011); y dentro de los métodos indirectos se pueden mencionar «Penman Monteith FAO56, Blanney Criddle, Cubeta Evaporimétrica» (Torres y Vásquez, 2013).

La palabra “lisímetro” nace del griego lysis, que significa movimiento o medición, siendo este un contenedor cerrado a los costados, con un sistema de drenaje en su parte inferior, donde se coloca una superficie de suelo desnudo o con cobertura vegetal, para medir el comportamiento del agua aplicada mediante un balance hídrico (Kelson *et al.* 2012). La información del cultivo se adquiere del manual denominado Serie de Drenaje y Riego, publicado por la FAO 24 «Las Necesidades de Agua de los Cultivos», donde se analiza el clima con respecto a la necesidad hídrica de la planta representado por la evapotranspiración de referencia, y las características del cultivo mediante el coeficiente Kc en cada una de sus etapas de desarrollo (FAO, 2020).

Dentro del lisímetro se encuentra un pasto de referencia, siendo este el Tifton que es una gramínea utilizada como pasto para heno, ya que posee un alto potencial de bioenergía, y una gran adaptabilidad a la falta de agua y plagas (Bécquer *et al.* 2018); pero su productividad es perturbada por factores ambientales, tales como el estrés hídrico en zonas áridas y semiáridas, que limitan su desarrollo (Yang *et al.* 2009). En el cantón Chone de la provincia de Manabí se emplean pastos para alimentar al ganado, por lo que resulta viable conocer la biomasa producida, y el agua que demanda para hacerlo (Schnabel, Rivera, y Farías, 2023).

El sector agrícola ecuatoriano necesita de información real sobre la evapotranspiración de referencia en cada zona, para planificar de forma eficiente las demandas hídricas en sus cultivos. La metodología de Penman Monteith FAO56 está estandarizada para la determinación de la evapotranspiración de referencia (ETo) porque incluye parámetros de flujo de calor de la vegetación e intercambio de energía (Allen et al., 2006), que son necesarias para estimar «datos de energía solar, humedad relativa, velocidad del viento y temperatura del aire»; pero presenta limitantes por la cantidad de datos, que en la mayoría de casos no son accesibles y vuelve empírica la ecuación. La metodología Penman Monteith FAO56 produce frecuentemente

sobreestimaciones en el cálculo de la evapotranspiración, mientras que otros métodos como «Blaney Criddle, el tanque de evaporación y la radiación», muestran variabilidad en relación de la evapotranspiración de referencia (ETo) del pasto en estudio (FAO, 2020).

Se han generado amplias investigaciones en torno a la determinación de la evapotranspiración de referencia mediante la metodología de lisimetría de drenaje, destacándose la generada por Villafañe *et al.* (2016) en Venezuela, donde empleó 2 lisímetros con dimensiones iguales a 0,25 m de profundidad efectiva, 0,4 m de ancho y 1 m de largo en un invernadero medianamente cubierto, consiguiendo resultados de ETo con una diferencia porcentual del 40% bajo las mismas condiciones; y la efectuada por León y León (2023) en Riobamba Ecuador, donde emplearon 7 lisímetros de tipo cónico con dimensiones iguales a 1,1 m de profundidad inicial y 0,60 m de profundidad final efectiva, 1,97 m de ancho y 2,49 m de largo, con los que se estimaron valores de ETo con una diferencia porcentual del 20% bajo las mismas condiciones.

En relación a los antecedentes mencionados se buscó estimar la evapotranspiración de referencia en la comunidad Garrapata perteneciente al cantón Chone mediante lisimetría por drenaje en el segundo trimestre del 2023. Para lo cual se estableció la evapotranspiración de referencia utilizando los métodos indirectos de la cubeta evaporimétrica y Penman Monteith FAO56 y se comparó la evapotranspiración de referencia mediante el método directo de lisimetría de drenaje con los métodos indirectos.

.

Materiales y Métodos

Tipo de investigación

La investigación ejecutada fue de tipo cuantitativa debido a que se analizó el movimiento del agua en el suelo de forma numérica y se describió su comportamiento a razón de un ensayo en campo.

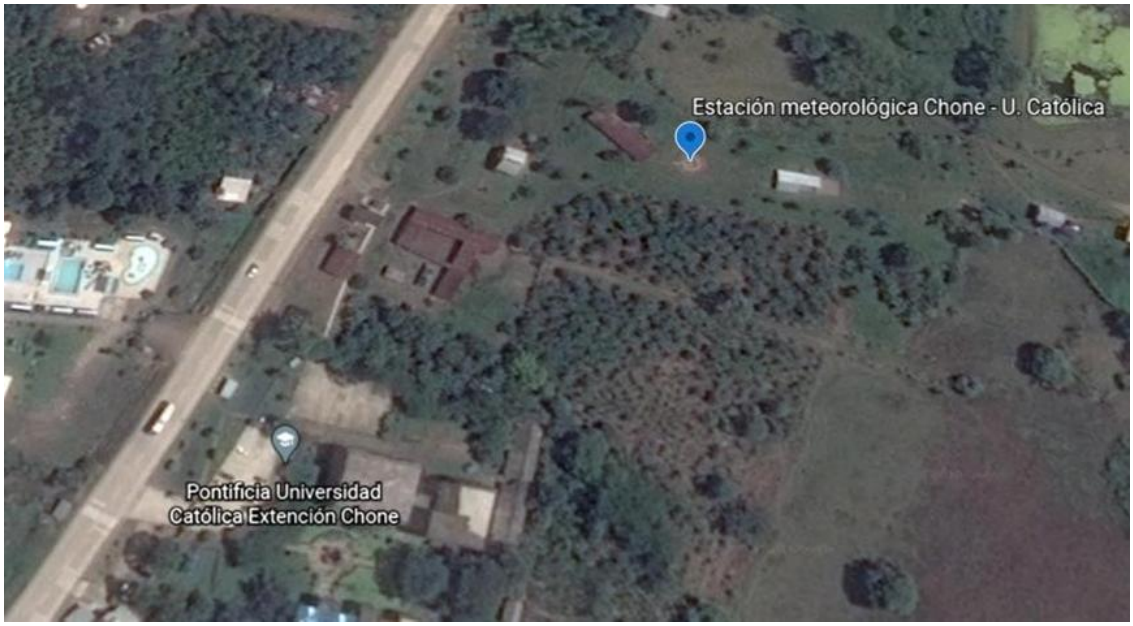
Características del lugar

Localización

El estudio experimental se ejecutó en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Campus Chone, del sitio Garrapata, cercano a la estación meteorológica del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología [INAMHI] M0162, durante el segundo trimestre del 2023.

Figura 1

Estación metereológica del Inamhi M0162 Chone U. Católica



Fuente: *GOOGLE EARTH (2023)*

Ubicación geográfica

Altitud: 36 msnm

Datum: WGS 1984 UTM zona 17 S

Coordenada Este (X): 607224.32 m

Coordenada Sur (Y): 9930264.32 m

Condiciones climatológicas

Tabla 1

Datos climatológicos promedios mensuales desde 1990 al 2013

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

Fuente: INAMHI (2023)

Equipos y materiales

Materiales de campo

Lisímetro de drenaje, dimensiones de: largo = 1m, ancho = 1m y altura = 1m

Sistema de drenaje para el lisímetro

Depósito para recolectar el agua drenada (botella de 20 l lt)

Probeta

Pala

Machete

Flexómetro

Materiales de oficina

Lapiceros

Cuadernos

Calculadora

Computadora

Excel

Material biológico

Obtenido del pasto tifton.

Características del campo experimental

Cultivo del pasto tifton

Tabla 2

Características del lisímetro de drenaje

Ancho	1 m
Largo	1 m
Profundidad	1 m
Volumen	1 m^3

Tabla 3

Características de la parcela experimental

Ancho de la parcela	2,50 m
Largo de la parcela	2,50 m
Volumen	6,25 m^2
Número de plantas de la parcela	Entre 6 y 7 hileras de 30 cm x 30 cm

Enfoque de la investigación

La investigación poseyó un enfoque experimental de campo, ya que se buscó medir el comportamiento de la evapotranspiración de referencia en la zona (ETo) en relación de los datos metereológicos diarios evaluados en un lisímetro de drenaje y con fórmulas empíricas.

Tamaño de la muestra

La muestra empleada fue de cepas de pastos Tifton cultivados dentro de un lisímetro de drenaje.

Técnicas de investigación

Para definir la metodología a emplear se utilizaron documentos web de tipo científicos y tesinas, donde con un ensayo experimental en campo se ejecutó la investigación.

Instrumentos de recolección de datos

Se recolectaron datos in situ de manera diaria, evaluándose los datos de la estación metereológica del INAMHI y los otorgados por el lisímetro de drenaje antes del riego.

Tratamiento estadístico

Se efectuó una estadística descriptiva, analizando los datos atípicos para discernir si se emplean o se desechan en la investigación (Pérez, 2019); de manera adicional se utilizó una media estadística para obtener los datos mensuales de evapotranspiración de referencia para cada método de cálculo (Martinéz , 2019).

Métodos

Variables que se considerarán en la investigación

Evapotranspiración de referencia (ETo).

La ETo se calculó utilizando un método directo:

Lisimetría de drenaje.

Y dos métodos comparativos indirectos:

Cubeta evaporimétrica.

Penman Monteith FAO56.

Estimación de las Variables que considerará la investigación

Lisimetría de drenaje (ETo).

La evapotranspiración directa se calculó mediante un lisímetro de drenaje, utilizando la ecuación indicada por Garay (FAO, 2008).

$$\mathbf{ETo} = (\mathrm{R} + \mathrm{P.efc.}) - \mathrm{AD}$$

Fórmula 1. Evapotranspiración del cultivo mediante lisimetría de drenaje

Donde:

ETo = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

R =Agua de riego o por precipitaciones (mm).

P. eft. = precipitación efectiva (mm).

AD = Agua drenada durante el periodo de análisis (mm).

Precipitación efectiva.

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

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

Fórmula 2. Precipitación efectiva

Donde:

Pe= Precipitación efectiva (mm).

P= Precipitación (mm).

Cubeta Evaporimétrica (FAO, 2008).

$$\mathbf{ETo} = \mathrm{E_p} * \mathrm{K_p}$$

Fórmula 3. Evapotranspiración del cultivo mediante cubeta evaporimétrica.

Donde:

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

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

Kp = Coeficiente de la cubeta (depende del tipo de cubeta, clima medio).

Evapotranspiración de referencia (ETo).

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

$$\mathbf{ETo} = \frac{0{,}408\ \Delta\ (\mathrm{Rn} - \mathrm{G}) + \mathrm{y}\ \frac{900}{\mathrm{T} + 273}\ \mathrm{U}\ 2(\mathrm{e_s} - \mathrm{e_a})}{\Delta + \mathrm{y}(1 + 0{,}34 * \mathrm{u_2})}$$

Fórmula 4. *Evapotranspiración del cultivo mediante Penman Monteith.*

Donde:

ET_o= evapotranspiración de referencia (mm/día)

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

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

T= promedio diario de la temperatura del aire medio a 2 m de la altura (°C)

U_2= velocidad del viento medio a 2 m de la altura (m/s-1).

$\mathbf{e_s}$ = presión de vapor de saturación (KPa)

$\mathbf{e_a}$ = presión real de vapor (KPa)

$\mathbf{e_s - e_a}$ = déficit de presión de vapor (KPa)

$\boldsymbol{\Delta}$ = pendiente de curva de presión de vapor en función a temperatura del aire (K Pa/°C)

$\boldsymbol{\gamma}$= constante psicométrica (K Paz/°C)

Manejo del experimento

Preparación del suelo.

Se efectuó la limpieza de la parcela experimental, desbastando la maleza y reparando los lisímetros de drenaje (Reyes, 2023).

Siembra.

Se efectuó mediante sepas del pasto tifton alrededor y dentro del lisímetro (Reyes, 2023).

Control de malezas.

La maleza se controló una vez al mes para evitar que absorban el agua y los fertilizantes que se aplicaron al cultivo referencial.

Fertilización.

Se realizó en función de las necesidades del cultivo, mediante un fertilizante foliar con micronutrientes y Yeramila Complex.

Riego.

Se repuso de forma manual en el lisímetro de drenaje en función de la evaporación diaria que reportaba la tina evaporimétrica perteneciente a la estación metereológica M0162 Chone U. Católica. Se emplearon tensiómetros agrícolas como indicador de humedad en el suelo (Reyes, 2023).

Recolección de datos de la investigación

Información obtenida de la estación meteorológica.

Se levantó la información meteorológica de la estación del INAMHI localizada dentro de la PUCEM campus Chone, en el sitio Garrapata, considerando: «temperatura máxima y mínima, precipitación, humedad relativa, radiación solar, evaporización, y velocidad de viento», diaria (Reyes, 2023).

Instalación y operación de los lisímetros de drenaje.

Un lisímetro es un contenedor cerrado a los costados, con un drenaje en la parte inferior, donde se coloca un espécimen para estudiar su comportamiento del movimiento de agua en el suelo mediante un balance hídrico; la palabra “lisímetro” nace del griego lysis, significando movimiento y medición (Kelson et al, 2012).

En la investigación se implementó un lisímetro de drenaje para recolectar la información de agua drenada después de 24 horas desde el riego, en el recipiente de recolección que tiene el instrumento; se sembró el pasto de referencia una altura inicial de 10 cm.

El lisímetro que se utilizó ya estaba implementado en campo, debido a que en la zona de estudio se han realizado otras investigaciones bajo esta metodología. El lisímetro cuenta con las siguientes dimensiones y características: 1 m de largo, ancho y alto, un fondo con malla de pequeños orificios, una superficie filtrante, una malla dividida en varias capas filtrantes (grava fina y gruesa); en el fondo del lisímetro se encuentra una tubería para denar el agua, la cual se recolectó en un recipiente, y se medió mediante una probeta milimétrica (Quille, Ramos, y Ontiveros, 2021).

Resultados y discusión

En relación de los resultados metereológicos mensuales tomados desde la estación del INAMHI MA0162 colindante a la parcela investigativa (ver tabla 4); durante abril se percibió una máxima temperatura de 32,43 °C y mínima temperatura de 21,94 °C, con una humedad relativa del 85%, una velocidad del viento de 1,33 m/s, evaporación en cubeta 3,05 mm/día, y horas de insolación promedios diarias de 6,16 hora/día; durante mayo se percibió una máxima temperatura de 31,60 °C y mínima temperatura de 22,52 °C, con una humedad relativa del 85%, una velocidad del viento de 0,84 m/s, evaporación en cubeta 2,12 mm/día, e horas de insolación promedios diarias de 5,03 hora/día; finalmente durante mayo se percibió una máxima temperatura de 31,21 °C y mínima temperatura de 22,10 °C, con una humedad relativa del 88%, una velocidad del viento de 0,74 m/s, evaporación en cubeta 2,28 mm/día, e horas de insolación promedios diarias de 4,03 hora/día.

Los cuales poseen igual orden de magnitud con los resultados obtenidos por González (2021)., levantados de manera anual en la estación metereológica MA0162 Chone, donde se reportaron valores de: temperatura media máxima igual a 26,6 °C, temperatura media mínima igual a 24,2 °C, Humedad Relativa media igual a 86,6%, velocidad del viento media igual a 1,30 m/s, evaporación media diaria igual a 2,65 mm, precipitación media diaria igual a 1,242 y horas de insolación media diaria igual a 3,40 horas.

Tabla 4

Datos climatológicos promedios desde marzo hasta junio del 2023.

Mes	Temp. Max	Temp. Min	HR (%)	VV (m/s)	Evap. Cubeta	Insolación (horas)
Abril	32,43	21,94	85	1,33	3,05	6,16
Mayo	31,60	22,52	85	0,84	2,12	5,03
Junio	31,21	22,10	88	0,74	2,28	4,03

Evapotranspiración de referencia mediante métodos indirectos

En la tabla 5 se muestran los valores de la evapotranspiración de referencia estimada a través de métodos indirectos como lo son Penman Monteith FAO56 y la cubeta evaporimétrica desde abril hasta junio del 2023.

Se obtuvo en el mes de abril un resultado de 2,59 mm/día mediante el método de la cubeta evaporimétrica y 4,01 mm/día a través del método de Penman Monteith FAO56; durante mayo un resultado de 1,80 mm/día mediante el método de la cubeta evaporimétrica y 3,59 mm/día a través del método de Penman Monteith FAO56; y en junio un resultado de 1,93 mm/día mediante el método de la cubeta evaporimétrica y 3,18 mm/día a través del método de Penman Monteith FAO56.

Al comparar los resultados entre los métodos indirectos Penman Monteith FAO56 y la cubeta evaporimétrica tenemos que en el mes de abril se evidenció una desigualdad de 1,42 mm/día, lo cual señaló una diferencia del 47,2%; durante mayo existió una desigualdad de 1,78 mm/día, lo cual señaló una diferencia del 92,2%; y durante junio existió una desigualdad de 1,25 mm/día, señalando una diferencia del 39,2%.

Según manifiesta Zhao *et al.* (2013) el método de Penman Monteith FAO56 presenta valores más cercanos a la realidad por que posee mayores requerimientos climáticos tomados en campo, reduciendo la incertidumbre ante los valores estimados; concordando con lodescrito por Ortiz y Chile (2020) donde mencionan que la ETo posee diferencias matemáticas, en cuanto a la estimación mediante el metodo de Penman Monteith FAO56 con otros métodos tales como la cubeta evaporimétrica, debido a que subestima los valores. Esto concuerda con lo resultados optenidos en la investigación ante las diferencias porcentuales.

Tabla 5

Evapotranspiración de referencia mediante métodos indirectos.

Mes	ETo. Cubeta Evaporimétrica (mm/día)	Penman Monteith modificado por la FAO (mm/día
Abril	2,59	4,01
Mayo	1,80	3,59
Junio	1,93	3,18

Evapotranspiración de referencia mediante el método directo

Se presentan en la tabla 6 los valores estimados de la evapotranspiración de referencia mediante el método directo de lisimetría de drenaje desde abril a junio del 2023; donde al tener una superficie de suelo dentro del lisímetro, se pudo evaluar el movimiento del agua teniendo presente lo que se evapora, escurre y retiene; lo que a la par con los datos metereológicos de la zona, ayudan a disminuir las dudas ante los valores estimados. Consiguiendo en el mes de abril un ETo de 4,16 mm/día; en mayo el ETo fue 2,78 mm/día y durante junio el ETo fue 3,01 mm/día.

Tabla 6

Evapotranspiración de referencia mediante el método directo.

Mes	ETo. Lisimetría de drenaje (mm/día)
Abril	4,16
Mayo	3,78
Junio	3,01

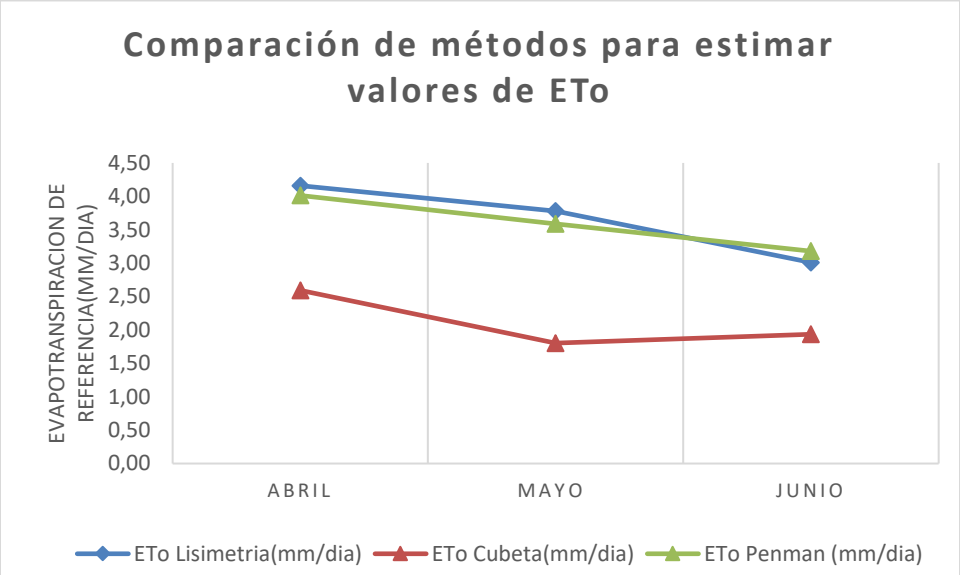
Comparando los resultados de evapotranspiración de referencia estimados mediante el método directo de lisimetría de drenaje con el método indirecto de cubeta evaporimétrica, se evidencia una diferencia porcentual negativa del 37,7% en abril, una diferencia porcentual negativa del 52,3% durante mayo y una diferencia porcentual negativa del 35,8% durante junio.

Comparando los resultados de evapotranspiración de referencia estimados mediante el método directo de lisimetría de drenaje con el método indirecto de Penman Monteih FAO56, se evidencia una diferencia porcentual negativa del 3,5% en abril, una diferencia porcentual negativa del 5,1% durante mayo y una diferencia porcentual positiva del 5,6% durante junio.

Es aconsejable estimar la evapotranspiración de referencia a través de los métodos indirectos como el de Penman Monteith FAO56 y el de la cubeta evaporimétrica según lo señalan Montealegre y Gallardo (1995). Resultados que concuerdan con la investigación efectuada por Peña *et al.* (2001), donde al comparar varios métodos indirectos con el método directo del lisímetro de drenaje, los que mejor estimaron la ETo fueron Penman Monteith, Balance de energía y el sistema de Bowen. Siendo evidente en la investigación que el método que obtiene valores más cercanos al método directo es el de Penman Monteih FAO56.

Figura 2

Evapotranspiración de referencia mediante el método directo e indirectos.



Se observa en la figura 3 (ver en anexos) los datos del consumo mensual del pasto tifton, evidenciándose en el mes de abril un consumo de 183,25 lt/m^2, en el mes de mayo un consumo de 150,78 lt/m^2 y durante el mes de junio un consumo de 150,91 lt/m^2.

Conclusiones

Se observó mediante el método indirecto de Penman Monteith FAO56 datos de evapotranspiración de referencia estimados de 4,01 mm/día en abril, 3,59 mm/día en mayo y 3,18 mm/día en junio; y a través del método indirecto de la cubeta evaporimétrica se consiguieron resultados estimados de 2,59 mm/día en abril, 1,80 mm/día en mayo y 1,93 mm/día en junio; validándose una discrepancia en los resultados del 59,5% durante la investigación.

Mediante el método directo de lisimetría de drenaje se consiguieron datos estimados de evapotranspiración de referencia de 4,16 mm/día en abril, 3,78 mm/día en mayo y 3,01 mm/día en junio, donde al cotejarlo con el método indirecto de Penman Monteith FAO56, se observa que subestima el ETo en un 5,6% en junio y lo sobreestima en 5,1% en mayo; mediante el método indirecto de la cubeta evaporimétrica se observa que sobreestima esta variable con un 92,2% en mayo. Considerando que el método indirecto de Penman Monteih FAO56 posee datos más cercanos a las condiciones reales de la zona.

Bibliografía

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., y Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo, guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Obtenido de: http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s00.htm?fbclid=IwAR0YtwHUsNvVtkGmZn4-gTjfHIf9fEZU3FJVBA4CvOFroJe5eqD-vpuEQH4

Bécquer, C., Ávila, U., Nápoles, A., Galdo, y., Hernández, M., Muir, I., Medinilla, F. (2018). *Productividad de bermuda Tifton 85, inoculada con Bradyrhizobium sp. y Trichoderma harzianum, sometida a estrés de sequía agrícola*. Obtenido de Scielo: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03942018000300006&lng=es&nrm=iso

Camacho, A. (2020). *La importancia del agua y su cuidado.* Obtenido de Universidad de Sevilla: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/107112/Ana%20Camacho%20S%C3%A1nchez%20E.I%2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

FOOD AND AGRICULTURA ORGANIZATION [*FAO*]. (2008). *Evapotranspiración del cultivo (No 8).* Obtenido de: http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf

FOOD AND AGRICULTURA ORGANIZATION [FAO]. (2020). *Evapotranspiración del cultivo (No 56)*. Obtenido de: https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf

González, W. (2021). *Análisis de la evolución en el sector los Chonanas, generado por la construcción de la vivienda de interés social.* Obtenido Universidad Técnica Particular San Gregorio: http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2422/1/MARQ2021008.pdf

GOOGLE EARTH. (2023). *Ubicación geográfica de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí (PUCEM) Campus Chone*. Obtenido de: https://earth.google.com/web/@-0.63099404,-80.03701319,32.01283979a,477.53869495d,35y,0h,0t,0r

Gustavo Villafañe, Carmen Basso, Roberto Villafañe

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA E HIDROLOGÍA [INAMHI]. (2023). *Publicaciones metereológica*. Obtenido de biblioteca INAMHI: https://www.inamhi.gob.ec/biblioteca/

Kelson , H., Mamadou, K., Sanchéz, S., y Reyes, D. (2012). *Automatización de un lisímetro de pesada.* Obtenido de revista mexicana de ciencias agrícolas, Scielo: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342012000900025

León, J. y León, J. (2023). Evapotraspiración de cultivos y lisimetría. Obtenido de Escuela Superior Politecnica de Chimborazo [ESPOCH]: http://cimogsys.espoch.edu.ec/direccion-publicaciones/public/docs/books/2023-06-13-222824-Evaporacio%CC%81n_de_los_cultivos.pdf

Martinéz , C. (2019). *Estadística Básica Aplicada. Capítulo 2.* Obtenido de Investigación estadística: https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WlckEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP5&dq=estad%C3%ADstica+b%C3%A1sica+&ots=n8QUwbbrqj&sig=DIus737MvOZvUB8U_i67cVU3OMg#v=onepage&q=estad%C3%ADstica%20b%C3%A1sica&f=false

Mendoza, C., Ojeda , W., Sifuentes, E., Quevedo, A., Flores, H., Ramírez , C., y Ascencio, R. (2019). *Estimación de la evapotranspiración de referencia mediante atmómetro con fines de calendarización de riego.*Obtenido de Idesia (Arica) Scielo: http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019000400065

Montealegre, F., y Gallardo, C. (1995). *Determinación de la evapotranspiración real en soya y evaluación de fórmulas empíricas de evapotranspiración de referencia en palmira*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/15572

Navejas, J., Garibay, N., Fraga, P., Rueda, P., y Ávila, S. (2011). *Comparación de métodos para estimar la evapotranspiración en una zona árida citrícola del noreste de México*. Obtenido de Sistema de Información Científica Redalyc: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93917767005

Ortiz, R., Tamayo, C., Chile, M., y Méndez, A. (2018). *Coeficiente del tanque evaporímetro Clase A para estimar la evapotranspiración de referencia para el valle de Tumbaco.* Obtenido de Siembra: http://oaji.net/articles/2020/8728-1595370573.pdf

Peña, V., Tijerina, L., Quevedo, A., y Crespo, G. (2001). *Comparación de algunos métodos micrometereológicos para estimar la evapotrasnpiración, en el área de Montecillo, México* . Obtenido de Terra Latinoamericana: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57319310

Pérez, L. (2019). *Valores atípicos en los datos, ¿Cómo identificarlos y manejarlos?.* Obtenidos de JSTOR: https://www.jstor.org/stable/26937051

Quille, J., Ramos, L., Ontiveros, R. (2021). *Estimación de la evapotranspiración del cultivo de arroz en Perú mediante el algoritmo METRIC e imágenes VANT*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: https://doi.org/10.4995/raet.2021.13699

Reyes, K. (2023). *Estimación de la evapotranspiración de referencia en el sitio garrapata del cantón chone mediante lisimetría de drenaje*. (Tesina de titulación no publicada). Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Manabí, Chone.

Rivas, R. (2005). *Propuesta de un modelo operativo para la estimación de la evapotranspiración*. Obtenido de Dialnet, Pág. 142: https://www.tdx.cat/handle/10803/10336;jsessionid=93D960549A9DF0CE64F2A5DDF41DDA70#page=1

Sánchez, M. (2001). *Métodos de estimación de evapotranspiración utilizados en Chile*. Obtenido de Instituto de Geografía Pontificia Universidad Católica de Chile: http://www.revistadisena.uc.cl/index.php/RGNG/article/view/46563

Schnabel, O., Rivera, R., y Farías, M. (2023). *Influencia de la condición topográfica de la ladera en el comportamiento productivo de Megathyrsus maximus.* Obtenido de Pastos y Forrajes: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942023000100004&script=sci_arttext

Toro, A., Arteaga, R., Vázquez, M., e Ibáñez, L. (2015). *Modelos para estimar la evapotranspiración de referencia en la zona norte bananera del Urabá Antioqueño (Colombia).* Obtenido de Agrociencia: https://www.redalyc.org/pdf/302/30243055001.pdf

Toro, F., Kretzschmar, T., y Hinojosa, A. (nviembre de 2014). *Estimación del balance hídrico en una cuenca semiárida, El Mogor, Baja California, México*. Obtenido de Tecnología y ciencias del agua: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222014000600005

Torres, A., y Vásquez, R. (2013). *Prospección de la estimación de la evapotranspiración de referencia, bajo las condiciones del valle de Chaca, Arica Chile*. Obtenido de IDESIA, Scielo: https://scielo.conicyt.cl/pdf/idesia/v31n2/art04.pdf

Villafañe, G., Basso, C., y Villafañe, R. (2016). *Evapotranspiración y coeficientes de cultivo (kc) de Stevia [Stevia Rebaudiana (Bertoni) Bertoni] bajo condiciones parcialmente protegidas.* Obtenido de Bioagro: https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85745749008

Yang, J., Kloepper, J. y Ryu. C. (2009). *Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. Trends Plant Sci*. 14 (1):1-4. Obtenido de National Library of Medicine: 10.1016/j.tplants.2008.10.004

Zhao, L., Xia, J., Yu, C., Wang, Z., Sobkowiak, L., y Largo, C. (30 de enero de 2013). *Métodos de estimación de la evapotranspiración en modelos hidrológicos*. Obtenido de Revista de Ciencias Geográficas: https://doi.org/10.1007/s11442-013-1015-9

Anexos

Tabla 7

Datos climatológicos de abril del 2023.

FECHA	PP (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	Evaporación (mm/día)
01/04/23	26,00	30,00	22,00	83	1,33	3,25
02/04/23	0,00	33,00	22,40	82	0,67	3,00
03/04/23	10,30	33,00	22,00	84	0,67	3,75
04/04/23	3,90	33,00	22,00	83	0,67	3,00
05/04/23	1,20	32,40	22,40	85	0,67	4,25
06/04/23	3,00	29,20	22,00	89	0,67	1,50
07/04/23	3,00	33,00	21,20	86	2,00	4,25
08/04/23	0,00	34,20	22,20	83	1,33	2,50
09/04/23	6,80	31,00	20,20	84	0,67	3,50
10/04/23	0,30	32,20	22,00	79	0,67	2,00
11/04/23	3,30	33,80	22,00	87	0,67	5,00
12/04/23	9,80	33,00	22,00	87	0,67	2,50
13/04/23	4,50	33,00	22,00	85	1,33	3,50
14/04/23	31,80	33,20	22,00	88	0,67	4,75
15/04/23	13,30	32,40	22,00	84	1,33	1,00
16/04/23	56,60	31,00	21,10	92	0,67	0,00
17/04/23	20,10	32,20	22,00	90	0,67	2,75
18/04/23	0,10	33,20	22,20	88	0,67	4,25
19/04/23	0,00	32,80	22,20	89	0,67	3,00
20/04/23	73,00	31,40	22,00	92	0,67	1,50
21/04/23	13,80	32,80	22,00	86	1,33	2,75
22/04/23	0,80	31,00	22,20	90	1,33	7,75
23/04/23	5,40	32,00	22,80	90	0,00	0,00
24/04/23	5,00	32,00	22,00	79	1,33	4,00
25/04/23	33,00	33,80	22,00	81	0,67	4,25
26/04/23	28,00	33,80	22,00	81	0,67	3,50
27/04/23	0,00	33,80	22,20	83	0,67	3,50
28/04/23	35,80	31,40	22,00	82	0,67	3,00
29/04/23	10,40	32,20	22,00	87	1,33	1,50
30/04/23	23,60	33,00	21,20	79	0,67	2,00
PROMEDIO	14,09	32,43	21,94	85	0,87	3,05

Tabla 8

Datos climatológicos de mayo del 2023.

FECHA	PP (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	Evaporación (mm/día)
01/05/23	18,00	33,00	22,00	87	1,33	3,00
02/05/23	32,00	33,00	22,00	83	1,33	4,00
03/05/23	0,00	32,80	22,20	90	0,67	2,25
04/05/23	16,70	33,00	22,00	85	0,67	1,00
05/05/23	2,60	31,80	23,00	92	0,67	2,00
06/05/23	49,60	31,00	21,00	80	1,33	1,00
07/05/23	1,20	33,20	23,20	83	0,67	2,00
08/05/23	16,50	33,80	23,00	83	0,67	3,50
09/05/23	5,00	31,80	23,00	88	0,67	1,25
10/05/23	1,50	31,00	23,00	87	0,67	1,00
11/05/23	15,70	32,00	23,00	91	0,67	0,00
12/05/23	0,00	33,00	23,20	90	0,67	2,00
13/05/23	25,70	29,00	23,00	84	0,67	1,50
14/05/23	11,71	31,00	23,40	84	0,67	0,75
15/05/23	4,40	31,80	23,00	85	0,67	3,25
16/05/23	31,80	32,00	23,00	83	1,33	2,75
17/05/23	31,80	32,20	23,00	83	1,33	3,50
18/05/23	5,50	29,80	22,00	85	0,67	0,75
19/05/23	4,60	33,20	22,40	82	1,33	4,50
20/05/23	1,80	31,20	22,00	84	1,33	1,75
21/05/23	0,90	32,00	21,20	80	0,67	4,00
22/05/23	0,20	32,00	22,00	86	0,67	4,25
23/05/23	27,00	31,80	22,20	85	0,67	3,75
24/05/23	0,00	27,80	23,00	90	0,67	2,00
25/05/23	69,00	32,00	22,00	88	0,67	0,00
26/05/23	1,80	33,00	22,40	85	0,67	2,00
27/05/23	4,50	28,00	23,00	90	1,33	0,50
28/05/23	13,50	29,00	22,40	90	0,67	0,50
29/05/23	29,50	31,20	22,00	85	0,67	1,50
30/05/23	5,50	32,40	22,40	80	0,67	2,00
31/05/23	1,30	30,80	23,00	82	0,67	3,50
PROMEDIO	13,85	31,60	22,52	85	0,84	2,12

Tabla 9

Datos climatológicos de junio del 2023.

FECHA	PP (mm)	TEMP. MAX	TEMP. MIN	HR (%)	Vv (m/s)	Evaporación (mm/día)
01/06/23	0,00	31,60	22,40	84	0,67	2,00
02/06/23	0,00	33,20	22,40	83	0,67	2,00
03/06/23	2,20	30,00	23,00	96	0,67	2,00
04/06/23	41,10	31,20	21,40	91	0,67	1,00
05/06/23	3,20	32,20	23,00	82	0,67	4,50
06/06/23	0,00	31,00	23,00	89	0,67	2,00
07/06/23	20,70	31,20	23,00	92	0,67	1,00
08/06/23	22,70	32,00	22,00	92	0,67	1,00
09/06/23	26,60	32,20	22,00	92	0,67	3,25
10/06/23	0,00	32,20	23,00	85	1,33	2,50
11/06/23	0,00	32,00	23,20	92	0,67	2,00
12/06/23	2,90	29,20	22,20	88	1,33	2,50
13/06/23	0,00	31,00	22,40	86	0,67	3,00
14/06/23	0,00	30,60	22,40	87	0,67	0,00
15/06/23	0,00	31,20	22,20	89	0,67	3,50
16/06/23	0,00	32,20	22,20	89	0,67	2,00
17/06/23	4,20	32,80	22,00	84	1,33	2,75
18/06/23	0,00	31,90	20,20	84	0,67	3,50
19/06/23	0,00	30,60	22,00	89	0,00	2,00
20/06/23	0,00	30,80	23,00	83	0,67	2,50
21/06/23	0,20	30,00	22,20	91	0,00	1,75
22/06/23	0,00	31,80	21,00	96	0,00	2,50
23/06/23	0,00	31,80	21,00	88	0,67	3,50
24/06/23	0,00	30,00	21,20	89	0,67	3,00
25/06/23	0,00	30,80	21,40	91	1,33	2,00
26/06/23	21,07	32,40	21,00	87	1,33	3,25
27/06/23	0,00	32,20	22,20	87	1,33	3,75
28/06/23	0,00	30,20	22,00	91	0,67	0,00
29/06/23	0,30	27,00	22,00	92	0,67	0,75
30/06/23	11,20	31,00	22,00	81	0,67	2,75
01/06/23	0,00	31,60	22,40	84	0,67	2,00
PROMEDIO	5,21	31,21	22,10	88	0,74	2,28

Tabla 10

Datos del lisímetro durante abril del 2023.

Fecha	R (mm)	AD (mm)
01/04/23	0,00	0,00
02/04/23	3,50	26,00
03/04/23	3,00	2,00
04/04/23	5,65	7,92
05/04/23	6,50	2,58
06/04/23	12,00	2,10
07/04/23	9,00	6,00
08/04/23	5,75	4,50
09/04/23	14,80	5,75
10/04/23	4,80	9,00
11/04/23	4,10	3,00
12/04/23	22,80	2,35
13/04/23	4,00	16,00
14/04/23	8,50	0,87
15/04/23	8,00	5,78
16/04/23	12,80	32,00
17/04/23	2,50	11,00
18/04/23	4,85	3,12
19/04/23	5,25	2,50
20/04/23	0,00	0,00
21/04/23	2,80	6,86
22/04/23	3,50	3,75
23/04/23	7,90	3,00
24/04/23	2,00	3,40
25/04/23	5,25	1,12
26/04/23	5,00	0,48
27/04/23	4,50	0,20
28/04/23	5,30	19,00
29/04/23	4,40	10,92
30/04/23	4,80	19,90

Tabla 11

Datos del lisímetro durante mayo del 2023.

Fecha	R (mm)	AD (mm)
01/05/23	6,75	18,10
02/05/23	5,25	1,08
03/05/23	5,00	0,57
04/05/23	4,20	10,35
05/05/23	5,60	3,30
06/05/23	8,60	32,00
07/05/23	3,02	1,59
08/05/23	3,50	11,91
09/05/23	5,50	3,23
10/05/23	4,25	7,20
11/05/23	8,70	6,49
12/05/23	2,00	6,20
13/05/23	3,70	24,20
14/05/23	4,71	7,70
15/05/23	5,55	4,70
16/05/23	4,25	4,60
17/05/23	4,95	2,25
18/05/23	6,00	7,00
19/05/23	3,60	12,20
20/05/23	6,75	2,18
21/05/23	4,65	4,18
22/05/23	8,70	1,66
23/05/23	5,25	4,10
24/05/23	2,50	2,51
25/05/23	6,20	32,00
26/05/23	2,80	2,40
27/05/23	5,50	1,31
28/05/23	0,00	32,00
29/05/23	2,50	1,81
30/05/23	4,50	2,24
31/05/23	6,30	3,29

Tabla 12

Datos del lisímetro durante junio del 2023.

Fecha	R (mm)	AD (mm)
01/06/23	4,50	2,74
02/06/23	4,00	2,90
03/06/23	4,00	2,10
04/06/23	4,00	32,00
05/06/23	2,20	1,84
06/06/23	5,50	0,85
07/06/23	2,70	19,11
08/06/23	3,70	22,00
09/06/23	32,00	32,00
10/06/23	4,45	2,20
11/06/23	3,00	2,50
12/06/23	4,90	1,78
13/06/23	5,80	2,98
14/06/23	5,30	3,25
15/06/23	3,50	3,29
16/06/23	4,50	1,18
17/06/23	5,95	2,81
18/06/23	4,00	3,76
19/06/23	4,00	1,64
20/06/23	4,00	1,00
21/06/23	3,45	1,10
22/06/23	3,30	1,30
23/06/23	3,50	1,21
24/06/23	3,50	0,50
25/06/23	4,00	4,10
26/06/23	5,70	5,00
27/06/23	3,10	4,75
28/06/23	5,76	0,55
29/06/23	4,30	2,30
30/06/23	2,30	1,70

Tabla 13

Datos insolación de abril del 2023.

Fecha	Insolación (horas)
01/04/23	9,40
02/04/23	7,60
03/04/23	7,70
04/04/23	8,20
05/04/23	2,90
06/04/23	0,00
07/04/23	12,60
08/04/23	5,60
09/04/23	4,50
10/04/23	7,30
11/04/23	8,40
12/04/23	3,60
13/04/23	8,20
14/04/23	6,30
15/04/23	6,90
16/04/23	2,20
17/04/23	2,20
18/04/23	7,60
19/04/23	4,20
20/04/23	3,10
21/04/23	3,50
22/04/23	5,20
23/04/23	0,00
24/04/23	10,60
25/04/23	10,60
26/04/23	9,80
27/04/23	6,30
28/04/23	5,50
29/04/23	5,80
30/04/23	9,10

Tabla 14

Datos insolación de mayo del 2023.

Fecha	Insolación (horas)
01/05/23	8,70
02/05/23	4,50
03/05/23	4,60
04/05/23	9,20
05/05/23	2,00
06/05/23	7,90
07/05/23	3,40
08/05/23	4,60
09/05/23	5,30
10/05/23	6,30
11/05/23	5,30
12/05/23	5,60
13/05/23	6,30
14/05/23	6,30
15/05/23	5,40
16/05/23	7,30
17/05/23	6,70
18/05/23	1,30
19/05/23	8,30
20/05/23	3,80
21/05/23	3,40
22/05/23	8,10
23/05/23	4,40
24/05/23	0,00
25/05/23	5,40
26/05/23	7,80
27/05/23	1,10
28/05/23	1,00
29/05/23	3,80
30/05/23	5,90
31/05/23	2,20

Tabla 15

Datos insolación de junio del 2023.

Fecha	Insolación (horas)
01/06/23	2,20
02/06/23	8,60
03/06/23	1,20
04/06/23	4,00
05/06/23	8,10
06/06/23	1,40
07/06/23	4,00
08/06/23	6,00
09/06/23	4,10
10/06/23	6,90
11/06/23	3,00
12/06/23	1,10
13/06/23	4,70
14/06/23	1,60
15/06/23	6,20
16/06/23	2,50
17/06/23	6,20
18/06/23	6,20
19/06/23	2,30
20/06/23	2,60
21/06/23	0,60
22/06/23	9,40
23/06/23	2,50
24/06/23	3,00
25/06/23	3,80
26/06/23	8,70
27/06/23	7,10
28/06/23	2,80
29/06/23	0,00
30/06/23	0,00

Figura 3

Consumo hídrico mensual del pasto de referencia desde abril a junio del 2023

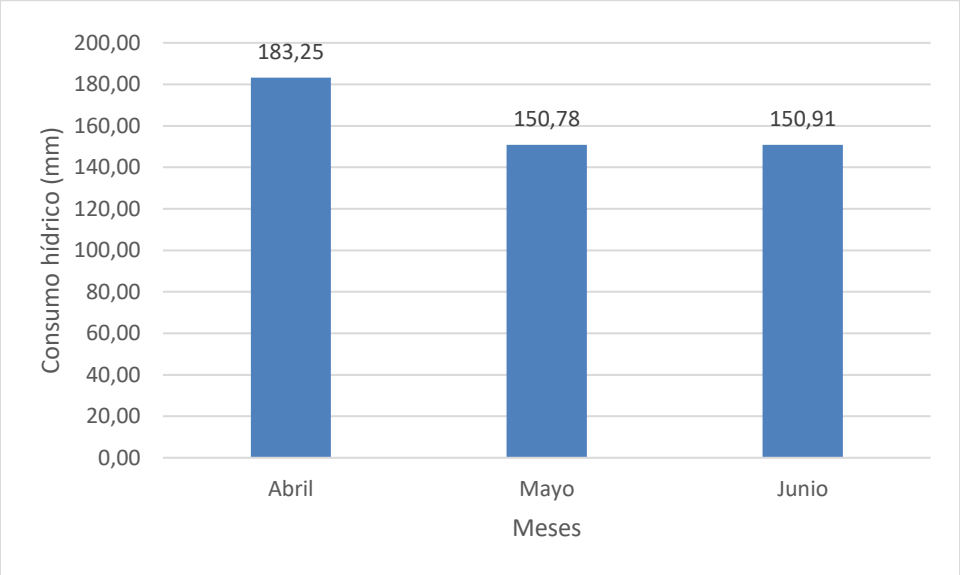


Figura 4

Recolección de información del lisímetro de drenaje.



Figura 5

Reposición de lámina de riego diaria al pasto de referencia.

