PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE HIDRÁULICA

TRABAJO DE TITULACIÓN:

ESTIMACIÓN DE LAS NECESIDADES HÍDRICAS DEL PASTO SABOYA COMÚN (*Panicum máximum cv. Común*) A PARTIR DE LA CURVA DE COEFICIENTE DE CULTIVO UTILIZANDO LISIMETRÍA DE DRENAJE EN ÉPOCA SECA Y LLUVIOSA

PREVIO AL TÍTULO DE:

INGENIERO HIDRÁULICO

AUTOR:

JOSEPH ANDRÉS GÓMEZ RODRÍGUEZ

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:

ING. JESÚS CHAVARRÍA PÁRRAGA, M. Sc

DICIEMBRE 2020

CHONE – MANABÍ – ECUADOR

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc

TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de director 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 Chavarría Párraga, M. Sc

TUTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

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

_____

Ing. Jesús Chavarría Párraga, M. Sc

PRIMER LECTOR

_____ _____

Ing. Fabián Espinales Cedeño, Mg. Ing. José Ramón Alarcón Loor, Mg.

SEGUNDO LECTOR **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 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.

Chone, diciembre 2020

_____

Joseph Andrés Gómez Rodríguez
Dirección: Chone, Rocafuerte y Juan Montalvo.
E-mail: he-471@pucem.edu.ec

Teléfono: 2696-976

Celular: 0992757123

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.

_____

Joseph Andrés Gómez Rodríguez

C.I. 1314550276

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de llegar hasta esta parte del camino. A mis padres, sin ellos nada de esto fuera posible, son mi base y fuerza para seguir adelante, gracias por sus concejos, su paciencia y por siempre estar a mi lado en cada momento sea bueno o malo y por ello siempre tendré esa gratitud infinita.

Joseph Andrés Gómez Rodríguez

AGRADECIMIENTOS

A Dios por brindarme la fuerza necesaria para llegar hasta este punto de mi vida, a mis padres por su apoyo incondicional y sus consejos que son mi base para salir adelante, a la Pontifica Universidad Católica del Ecuador sede Manabí por guiarme y ser el origen del conocimiento, no solo a nivel técnico sino también como persona y de tal manera permitirme alcanzar lo que antes fue una meta y que ahora se hace realidad, al Ing. Jesús Chavarría Párraga por sus consejos, su paciencia y su guía para culminar con éxito el presente proyecto siendo el tutor del presente trabajo de titulación.

Joseph Andrés Gómez Rodríguez

Resumen

Este estudio cuantitativo-experimental determinó las necesidades hídricas del cultivo pasto Saboya común tomadas con lisímetro de drenaje, porque el uso eficiente del agua en la agricultura es prioridad para preservar los recursos naturales del planeta. Consecuentemente, esta investigación se realizó en el campus Chone de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, Manabí, entre diciembre 2019 y febrero 2020. Para la obtención de datos, se aplicaron métodos de campo como lisímetros y parámetros climatológicos tomados cada 24 horas. Posteriormente, se aplicaron ecuaciones para determinar valores de evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), coeficiente de cultivo (Kc) y varios parámetros para establecer el programa de riego del cultivo. Los resultados determinan que, en la época seca los valores de ETo son superiores (2.73 mm/día), comparados con los de la época lluviosa (2.35 mm/día). Los valores Kc establecen tres fases fenológicas, determinando que en la época seca la primera etapa (21 días) obtenga un Kc de 0.87; la segunda etapa (17 días) un Kc de 1.06; y la tercera etapa (5 días) un Kc de 0.79. En comparación, en la época lluviosa se obtiene en la primera etapa (19 días) un Kc de 0.76; en la segunda etapa (16 días) un Kc de 0.90; y en la tercera etapa (8 días) un Kc de 0.84. Se concluye que los valores Kc del pasto en época seca son superiores, demostrando el aumento de evapotranspiración y evidenciando mayor calor y mayor requerimiento hídrico.

Palabras clave: evapotranspiración, déficit hídrico, coeficiente de cultivo, pasto de pastoreo

Abstract

This experimental quantitative research study determined the crop water requirements of Savoy Grass using drainage lysimeters, since efficient water use in agriculture is key to conserve the Earth's natural resources. Thus, this research study was carried out at Pontificia Universidad Católica del Ecuador (PUCE) Sede Manabí, Chone Campus, from December 2019 through February 2020. Data were collected through field methods such as lysimeters and climatic parameters that were taken every 24 hours. Then, some equations were calculated to determine values such as reference crop evapotranspiration (ETo), crop coefficient (Kc), and some other parameters to perform the crop irrigation program. The findings indicate that during the dry season, ETo values are higher (2.73 mm / day) than those obtained during the rainy season (2.35 mm / day). The Kc value results establish three phenological stages, determining that during the dry season in the first stage (21 days), the Kc value is 0.87; in the second stage (17 days), the Kc value is 1.06; and in the third stage (5 days), the Kc value is 0.79. In comparison, during the rainy season in the first stage (19 days), the Kc value is 0.76; in the second stage (16 days), the Kc value is 0.90; and in the third stage (8 days), the Kc value is 0.84. It is concluded that Kc values of this grass are higher during the dry season, leading to increases in evapotranspiration and showing greater heat and water requirements.

Keywords: evapotranspiration, water deficit, crop coefficient, grazing pastures

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICACIÓN i

ACTA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL ii

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD iii

DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR iv

DEDICATORIA v

AGRADECIMIENTOS vi

Resumen vii

Abstract viii

INTRODUCCIÓN 1

MATERIALES Y MÉTODOS 3

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 14

CONCLUSIONES 20

BIBLIOGRAFÍA 21

ANEXOS 24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variables promedios climáticas determinadas en el período desde 2000 al 2012. 4
Tabla 2: Medidas establecidas de la parcela, determinando el número de planta que se caben en la misma. 6
Tabla 3: Relación existente entre el tensiómetro y la humedad del suelo. 6
Tabla 4: Datos climaticos promedio de Noviembre 2019 – Febrero 2020. 14
Tabla 5: Datos fenológicos promedio, época seca y lluviosa. 17
Tabla 6: Evapotranspiración del cultivo en Época seca. 17
Tabla 7: Evapotranspiración del cultivo en Época lluviosa. 18
Tabla 8: Programación de riego del pasto Saboya común. 19

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Localización de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, sede de Manabí (PUCEM), campus Chone. 3
Gráfico 2: Evapotranspiración de referencia de Noviembre 2019 – Febrero 2020. 15
Gráfico 3: Coeficiente del cultivo – Época seca. 16
Gráfico 4: Coeficiente del cultivo – Época lluviosa. 16

INTRODUCCIÓN

La villa universal aumenta en desequilibrio aproximadamente de unos 80 millones de individuos al año y con esto se lleva un descuido de 9.100 millones en 2015, el acrecentamiento demográfico, el aumento de las urbanizaciones, el crecimiento de las industrias y el incremento de la elaboración. Previo al consumo se ha podido generar un riego en aumento del recurso hídrico dulce. Por lo tanto, podemos deducir que el 2030 la tierra tendrá que afrontar un endeudamiento global del 40% del agua en un ambiente en el cual todo se mantendrá de igual manera. En consecuencia, es que en la actualidad el agua es eficaz para compensar cuyas disposiciones del nivel de aumento de la tierra. A pesar de ello, si no tomamos conciencia ahora la forma en que se utiliza, que se distribuye y que se aprovecha el agua. El ataque hídrico universal será un golpe de gobernanza (UNESCO, 2015).

El Ecuador posee características climatológicas únicas a nivel mundial es así que siendo un país tan pequeño presenta variaciones, demográficamente está dividida acorde a regiones, por tanto, se tiene la región costa, caracterizada por presentar temperaturas superiores a los 23 °C, con climas cálidos y tropicales húmedos, la región sierra cuyas temperaturas bajas de hasta los 22 °C, esta variación de temperatura se encuentra caracterizada por el bloqueo existente por dos cordilleras que limitan la región formando el conocido valle interandino; también se tiene hacia el este la región amazónica caracterizada por sus climas tropicales húmedos, en esta región existe abundantes lluvias teniendo potencial hídrico, y por último la región insular o conocida como Galápagos, por sus características geográficas se encuentran especies únicas a nivel mundial (GAD, Manabí, 2004).

En las diferente regiones de clima cálido como es el ecuatorial, nos muestra la problemática de la proteína y energía, y su digestibilidad es baja, de tal manera afecta el incremento de especies y las diversas clases de pastos que se pueden presenciar en los distintos meses del año, y así, ocasionar un desorden estacional en la producción lo que conlleva aun adeudamiento del sostenimiento exclusivamente en las diferentes etapas, ya sea en la etapa seca generando varios problemas al productor, ya que esto lleva a que el ganado pierda peso y baje un nivel muy rotundo en la producción de leche (Alarcón, 1993).

Crystal-chemical, (2015) corrobora que los distintos tipos de pastos tropicales tienen la prestigia función de tener un habito en su totalidad en las diferentes condiciones de ambiente y de tierra del litoral ecuatoriano. En los diversos suelos que posee nuestro país en donde es veraz el beneficio de máquinas, es ajustado una representación de labrado y de arado a razón que la tierra termine elocuente y blanda, por tanto, donde se presente pequeñas pendientes,

donde no se puede realizar el uso de las maquinarias, se debería realizar manualmente el acondicionamiento de los terrenos antes que lleguen las precipitaciones, mediante trabajos arado manual, palas y realizar quemas si la situación lo amerita. Las diferentes actividades realizadas en el país anteriormente han demostrado y presentado que se llegan a obtener resultados excelentes, cuando se llega a realizar dicha actividad antes de que comience el periodo de lluvias.

En base a lo anteriormente establecido se determina que la región costa posee características óptimas para el desarrollo de la especie conocida como *Panicum máximum cv.* Común, esta pastura está adaptada a climas cálidos con elevaciones de 0 a 1800 msnm, en las cuales pueden tener precipitaciones mayores a los 1000 mm anuales, los suelos en los que suelen desarrollarse es en suelos arcillosos, los cuales deben ser drenados de manera adecuada. Su producción media de forraje suele ser de 35 T/ha al año (Alvarez & Perez, 2011).

Se establece que este cultivo es utilizado para pastoreo en la cual el corte debe realizarse manualmente o de forma mecánica, en las cuales se realiza rotación de 35 días en época lluviosa y para la época seca va desde 60 a 70 días, se puede evidenciar que el pasto saboya es el más utilizado dentro de las actividades ganaderas del cantón Chone (INEC, 2016), debido a que tolera periodos prolongados de sequía, además que prefiere suelos de mediana a alta fertilizad; acorde a nivel de especies, presenta buena aceptación por su valor nutritivo de proteínas, minerales y digestabilidad de la materia seca (INIAP, 2003).

Es así, que en el cultivo se debe determinar la programación de riego en base a varios factores y métodos indirectos que ayudan a determinar la humedad del suelo; las variables que se deben calcular son la evapotranspiración del cultivo y el factor de plantación la cual va a determinar las fases en las que se desarrollan, en bases a las variables climáticas existentes y adicional se calcular las láminas netas, el acondicionamiento de agua, el tiempo de riego para determinar el programa adecuado de riego (Alvarez & Perez, 2011).

Por tanto, la presente indagación tiene como objetivo estimar de las necesidades hídricas del Pasto Saboya Común (*Panicum maximun cv.* común) a partir de la curva de coeficiente de cultivo utilizando lisimetria de drenaje en época seca y lluviosa; y para cumplirlo se plantea lo siguiente: determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) con métodos indirectos en la zona de estudio; obtener los valores del coeficiente de cultivo (Kc) en todas las etapas fenológicas o fase de desarrollo de los cultivos del Pasto Saboya Común, considerando los valores obtenidos del lisímetro de drenaje en época seca y lluviosa; y realizar una

programación de riego para los cultivos del Pasto Saboya Común con los datos obtenidos del lisímetro de drenaje y las condiciones climáticas de la zona.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada en la finca de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, cuya sede regional se encuentra en la provincia de Manabí, en el campus Chone (PUCEM), está localizada en las siguientes coordenadas UTM (608929.8;9956323.2), determinando su posicionamiento geográfico, además se evalúa que la altitud es de 36 msnm aproximadamente.



Gráfico 1: Localización de la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, sede de Manabí (PUCEM), campus Chone.
Fuente: Google Earth.

Se establece que los valores determinados de los escenarios climáticos en la Pontifica Universidad Católica del Ecuador, sede de Manabí (PUCEM), campus Chone, son definidos para cada mes, cuyos valores calculados anuales son de, 3.530 mm/día para la evaporación, 90.2% para la humedad relativa, 89 mm/mes para la precipitación promedio y de 2.23 m/s para la velocidad del viento, es importante mencionar que los valores fueron determinados mediante el promediado para cada parámetro evidenciados en la tabla 1.

Tabla 1: Variables promedios climáticas determinadas en el período desde 2000 al 2012.

Mes	Evaporación (mm/día)	Humedad Relativa (%)	Precipitación (mm/mes)	Velocidad del viento (m/s)
Enero	3.310	91	191.17	2.19
Febrero	3.293	92	304.43	2.3
Marzo	3.706	91	244.93	2.4
Abril	3.877	91	148.4	2.12
Mayo	3.135	91	44.15	2.09
Junio	2.817	91	12.08	1.87
Julio	3.171	91	13.12	1.93
Agosto	3.770	89	8.3	2.22
Septiembre	3.906	89	7.77	2.17
Octubre	3.958	89	7.71	2.24
Noviembre	4.041	88	11.15	2.74
Diciembre	3.375	89	69.27	2.44
Total	**3.530**	**90.2**	**89**	**2.23**

Fuente: INAMHI, (2017).

Se adiciona que la investigación fue desarrollada en el periodo de noviembre, diciembre del 2019, así como enero, febrero del 2020, en los cuales se aplicó métodos indirectos para determinar la evapotranspiración de referencia (ETo) y que sirvió para obtener los demás resultados.

Métodos, equipos y materiales

En el desarrollo del estudio se realizaron las siguientes actividades:

Preparación del suelo: se recolecto sustrato para ser utilizado en el llenado de las fundas las cuales tendrán cepas del Pasto Saboya Común *(Panicum máximum cv.* Común*)*. El suelo del lisímetro fue humedecido previo al trasplante del pasto.

Siembra: para realizar la siembra del cultivo de Pasto Saboya Común *(Panicum máximum cv. Común),* la siembra se desarrolló con separaciones de 1 m entre hileras y 1 m entre planta.

Fertilización: se realizó las fertilizaciones en base a las necesidades nutricionales para las diferentes etapas de crecimiento; el producto utilizado fue urea en dosis de 50 gr por planta.

Control de malezas y plagas: el control de malezas se llevó en efecto de manera manual y el control de plagas se lo determinó mediante productos preventivos y curativos.

Cosecha: la cosecha se la realizó en base a las dos etapas que fueron la seca y lluviosa considerando el intervalo de tiempo de 43 días en cada época.

Manejo del lisímetro: se utilizó los materiales de palas, azadón y flexómetro para la colocación del lisímetro cuya dimensiones fueron de 1 m de largo, por 1 m de ancho y 1 m de altura, adicional se requirió del sistema de drenaje, los recipientes en los cuales se recolectó el agua drenada, el suelo en el que se realizó el estudio investigativo el cual requirió de tratamientos como fertilizantes para obtener una mejor calidad de cultivo, insecticidas y fungicidas con el fin de evitar plagas o enfermedades que afecten el cultivo. Se adicionó la utilización de probetas en las cuales se recolectó el agua para el cultivo.

Para la investigación que se realizó se dio el mantenimiento al lisímetro, en la cual se arreglaron las paredes del cerramiento del lisímetro, para evitar colapso debido a la erosión de la tierra, con el fin de evitar posibles inundaciones en época lluviosa por escorrentía.

Después de haber realizado el mantenimiento al lisímetro, se esperó dos días antes de proceder a sembrar los cultivos que serán evaluados en la investigación, para que el suelo en el que se encuentra el lisímetro de drenaje tenga las mismas condiciones de compactación del suelo exterior. Es importante considerar que se deben conocer en que se va a emplear el lisímetro porque tienen varias finalidades como en casos de estados de suelo, sistema de medición de drenaje, por localización o en el caso actual es aplicado con fin agronómico, hidrológico e hidrogeológico.

Dentro de la instalación y operación de los lisímetros de drenaje también está involucrado el despliegue de los tensiómetros para tomar las lecturas de la humedad del suelo, en la presente investigación los tensiómetros utilizados fueron de 45 cm de profundidad por la profundidad de raíces del cultivo Pasto Saboya Común (*Panicum máximum cv.* Común).

Se definió las dimensiones de las parcelas en las cuales se determinó el número de plantas que deben ingresar en la misma, según las dimensiones que fueron de 3 m de ancho, por tres metros de largo obteniéndose un área de 9 m^2, en la cual ingresan 9 unidades de plantas, según lo establecido en la tabla 2.

Tabla 2: Medidas establecidas de la parcela, determinando el número de plantas que caben en la misma.

Medidas de la Parcela	
Ancho de la parcela	3 m
Largo de la parcela	3 m
Área de la parcela	9 m^2
Número de plantas de la parcela	9 u

El riego en el lisímetro de drenaje se llevó a cabo diariamente en función de las lecturas tomadas por estación meteorológicas, en la cual con los datos obtenidos se realizó un cálculo en la ecuación para así reponer el agua que perdía la planta por día. Así también se estableció la toma de datos en períodos de 24 horas en cada cultivo sembrado en los lisímetros de drenaje.

Instalación de tensiómetro: los tensiómetros son los métodos indirectos más confiables para determinar la humedad del suelo; se utilizó un tensiómetro de 45 cm de profundidad, el cual mide la tensión en el suelo, por medio de una cápsula porosa la cual está conectada a un tubo que contiene el sensor del vacío o un manómetro para obtener los datos según lo establecido por Cisneros (2003). El proceso consiste en llenar de agua destilada o agua hervida en el tubo del tensiómetro, es importante considerar que debe ser extraída todo el aire antes de cerrarla, posterior debe ser instalada en el suelo lo mas cercano posible a las raíces; las lecturas deben ser tomadas cada 24 horas, el rango en el que trabaja es de 0 a 100 centibares (cb), determinando que el valor de 0 cb determina que el suelo se encuentra saturado, pero si tenemos valores superiores a lo 75 cb determina que la humedad del suelo es muy baja por tanto se estima debería de regarse, los datos adicionales son verificados en la tabla 3.

Tabla 3: Relación existente entre el tensiómetro y la humedad del suelo.

Lectura de tensiómetro en centibares (cb)	**Condición de humedad del suelo**
0 a 10	Saturado por riego reciente
10 a 25	Capacidad de campo
25 a 50	Humedad intermedia, buena disponibilidad de agua
50 a 80	Debería regarse

Fuente: Briceño, Álvarez, & Barahona, (2012).

Es conveniente continuar con el riego cuando el contenido de humedad es del 75%, se establece que el tensiómetro es aplicado para la determinación de la programación de riego en cultivos con raíces poco profundas, identificados en suelos arenosos o francos Cisneros (2003). Se tienen varios sistemas de riego para los cultivos, los cuales se establece el riego por surcos, en la cual se instala el tensiómetro en la superficie interna del dorso del surco y los cultivos son sembrados en líneas a lo largo de los surcos. Para riego por aspersión, en cultivos sembrados en hileras se colocó los tensiómetros dentro de la hilera. Si el cultivo es denso como el caso de los pastos, no es importante el lugar específico con relación a las plantas. No debe colocarse cerca de los aspersores. Para riego localizado, en los cultivos de frutas , el tensiómetro se ubican normalmente en la parte soleada del árbol y a 30 o 45 centímetros de los emisores de goteo y a 60 o 90 centímetros del micro aspersor. Por lo tanto, en lo arboles recién sembrados, la herramienta de menor honda se ubica en la embolada en las raíces del árbol, sin prestar atención a la ubicación del emisor. Los instrumentos de control deben de estar en puntos representativos a una distancia entre 30 y 45 centímetros del emisor y en área radicular de las plantas. En hortalizas se ubican a una distancia de 10 centímetros después de los goteros y de la planta.

El transcurso mas apropiado para interpretar la lectura del tensiometro se lo recomienda que sea en temprano en la mañana. Pese a que, a esa hora el balance del agua en la tierra en direccion a la planta es ligero puesto que se puede dar a notar una clase de equilibrio. Si bien, lo mas conveniente esque la lectura de los manometros sean analizadas a la misma hora a diario. La constancia de la lecturas dependen exclusivamente del cultivo, tierra, aire o metodo de riego. Cuando se presenta un mayor tiempo de fregoteo pequeño cotidiano se realizan las lecturas a la vegetacion con raices pocos profundas y sensibles o que se riegan por goteo se aconseja que los tensiometro sean leido todos los dias. Cuando se presentan suelos arenos y un clima caliente donde posiblemente se esten utilizando otros sistemas de riego diferente al de goteo, se sugiere que las lecturas sean tomadas dos o tres veces a la semana.

El funcionamiento de este método se estableció determinando que las mediciones en suelo secos, el agua dentro del tensiómetro es succionada creando un vacío en el manómetro, mientras que en épocas lluviosas el agua ingresa mediante los poros del tensiómetro aumentando el valor del manómetro, por tanto se establece que valores bajos identifican poca humedad del suelo y valores altos, saturación.

Estimación de la evapotranspiración de referecia: se aplicó mediante la utilización de las fórmulas empíricas, para lo cual se utilizaran dos métodos de calculo los cuales se describen a

continuación: el método de la cubeta evaporimétrica la cuál consistió en la medición de la cantidad del recruso hidrico requerido en el pasto a estudiar con la cantidad de agua que se evapora en las misma bandeja o cubeta, se consideró el dato que la evaporación producida directamente de la superficie de agua es mayor a la que se obtiene en el cultivo, por tanto se establece que el valor de cultivo es una fracción de la que se evapora en la cubeta, a esta fracción antes mencionada se la determina como fracción de cubeta (Kp), en consecuencia, a lo anteriormente expuesto se obtiene la siguiente ecuación:

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

Donde:

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

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

Kp = Coeficiente de la cubeta, que depende del tipo de cubeta, clima y del medio que rodea la cubeta.

También se tiene el método de Penman Monteith de la FAO, en la cuál se consideró la radiación, densidad del flujo, tamperatura del aire, velocidad del viento, entreo otros factores climáticos, por tanto se tiene la siguiente ecuación:

$$\mathbf{ETo} = \frac{\mathbf{0.408\,\Delta(Rn-G)+y\,\frac{900}{T+273}\,U\,2(es-ea)}}{\mathbf{\Delta+y(1+0{,}34U2)}} \qquad (2)$$

Donde:

ET_0= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

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

G=Densidad del flujo del calor del suelo (MJ/m^2/día).

T= Temperatura del aire a 2 m de la altura °C.

U_2= Velocidad del viento a 2 m de la altura (m/s).

e_a= Representa la presión de vapor actual (KPa).

e_s = Representa la presión de vapor del aire saturado con agua (KPa).

Δ = Bajada de la curva de presión de vapor (K Pa/°C).

y= Constante psicométrica (K Pa/°C).

Estimación del coeficiente de cultivo (Kc): las necesidades hidricas del cultivo se determinaron al obtener la evapotranspiración del cultivo, en la cual se consideran las variables de agua de riego o de las precipitaciones presentadas en la zona de estudio y el agua drenada o percolada en el período en la que se realizó la presente investigación, por tanto tenemos la siguiente ecuación:

$$\mathbf{ETc = R - D} \qquad (3)$$

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

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

D = Agua drenada durante el periodo de análisis.

Para obtener el coeficiente de cultivo, depende de las variables antes calculadas que es la evapotranspiración del cultivo con la evapotranspiración de referencia, por tanto, tenemos:

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

Donde:

Kc = Coeficiente de los cultivos.

ETc = Evapotranspiración real de los cultivos.

ETo = Evapotranspiración de referencia.

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

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

Donde:

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Kc= Coeficiente del cultivo (adimensional).

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

Se considera la ecuación dada por Garay (2009), en la cual se examinan las variables de la evapotranspiración de referencia, de riego de un día a otro, el área del lisímetro y el coeficiente de seguridad para efectuar el drenaje, por tanto, se tiene:

$$\boldsymbol{Va = (Eto * ND * AL)c} \qquad (6)$$

Donde:

Va= Volumen de agua a aplicar en mm

ETo= Evapotranspiración de referencia en mm/día

ND= Número de días de un riego a otro

AL=Área del lisímetro en m^2

c= Coeficiente de seguridad para efectuar drenaje

Programación de riego: para desarrollar técnicamente una programación de riego, se debe determinar el requerimiento de agua de cultivo y para ello es necesario calcular la precipitación efectiva P***e,*** en la cual se establece para dos rangos en la cual define como límite mayor o menor a 75 mm y cuya variable depende de la precipitación, por tanto, se presenta:

$$\mathbf{P}\boldsymbol{e} = \mathbf{0.8\ P - 25} \qquad \mathbf{P > 75\ mm} \qquad (7)$$

$$\mathbf{P}\boldsymbol{e} = \mathbf{0.6\ P - 10} \qquad \mathbf{P < 75\ mm} \qquad (8)$$

Donde:

P*e* = Precipitación efectiva (mm).

P = Precipitación (mm).

Es importante mencionar la importancia del Balance Hídrico en el cultivo, el cual está determinado por las variables antes calculadas como la evapotranspiración de cultivo y la precipitación efectiva, por tanto, se tiene:

$$\mathbf{BH = ETc - P_e} \qquad (9)$$

Donde:

BH = Balance hídrico (mm)

ETc = Evapotranspiración del cultivo (mm/día).

Pe = Precipitación efectiva (mm).

El agua fácilmente disponible para el cultivo está definida por algunas variables determinadas de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{AFD = \frac{Cc-Pm}{100} * Da * Prec} \qquad (10)$$

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).

La lámina neta es definida para cada estrato en caso de tenerlo, se establece como la multiplicación del agua fácilmente disponible para el cultivo con el factor de agotamiento, por tanto, se establece:

$$\boldsymbol{Ln = AFD * FAC} \qquad (11)$$

Donde:

Ln = Lámina neta (mm).

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

FAC = Factor de agotamiento.

Mientras que la lámina total es calculada en base a la lámina neta, como se mencionó es definida para cada estrato en caso de tenerlo, por tanto, se deduce:

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

Lt = Lámina Total (mm).

Ln = Lámina neta (mm).

Ea = Eficiencia del sistema de riego utilizado.

Rl = Requerimiento de lavado.

El intervalo de riego se calcula considerando las variables de lámina neta y evapotranspiración diaria del cultivo por tanto tenemos:

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

Donde:

Ln = Lamina neta (mm/riego).

IR = Intervalo de riego ajustado (días).

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

La lámina neta ajustada consta del intervalo de riego ajustado por la evapotranspiración diaria del cultivo por día, por tanto, la ecuación es:

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

Donde:

Ln = lámina neta (mm/riego).

IR = Intervalo de riego ajustado (días).

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

Se debe considerar el requerimiento de lavado, consta de la ecuación en la cual se dispone de las variables de conductividad eléctrica del agua de riego y la máxima conductividad eléctrica tolerable del extracto de saturación del suelo para ese cultivo. Por tanto, se establece:

$$\boldsymbol{Rl = \frac{CEa}{CEe - CEa}} \qquad (15)$$

Donde:

Rl = Requerimiento de lavado**.**

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

CEe = Máxima conductividad eléctrica tolerable del extracto de saturación del suelo para ese cultivo.

Lámina total ajustada se determinó mediante la ecuación en la cual se consideran las variables de lámina total ajusta, lámina neta ajustada, eficiencia del sistema de riego y el requerimiento de lavado, por tanto, se deduce:

$$Lt_{ajustada} = \frac{Ln_{ajustada}}{Ea*(1-Rl)} \qquad (16)$$

Donde:

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

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

Ea = Eficiencia del sistema de riego utilizado.

Rl = Requerimiento de lavado.

La intensidad de aplicación de agua, se basa en el caudal del aspersor, espaciamiento entre aspersores y espaciamiento entre laterales, por tanto, se define:

$$IAp_{emisor} = \frac{Qa}{Eap*El} \qquad (17)$$

Donde:

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

Qa: Caudal del aspersor (l/h).

Eap: Espaciamiento entre aspersores (m).

El: Espaciamiento entre laterales (m).

El tiempo de riego es la variable más importante para determinar el programa de riego y es definida para cada época, se basa en la lámina total ajustada y aportación de emisor, por tanto, se define:

$$Tr = \frac{Lt_{ajustada}}{IAp_{emisor}} \qquad (18)$$

Donde:

Tr = Tiempo de riego.

$Lt_{ajustada}$ = Lámina total ajustada.

IAp_{emisor}= Intensidad de aplicación de agua (mm/h).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos climáticos registrados mostraron a febrero como el mes que posee temperatura, velocidad del viento e insolación mayor, seguido por el mes de diciembre, mientras que noviembre y enero mostraron valores superiores en humedad y menores para temperatura, insolación y viento según lo observado en la tabla 4.

Tabla 4: Datos climaticos promedio de Noviembre 2019 – Febrero 2020.

Meses	Temp máx (°c)	Temp min (°c)	H. R. (%)	Vel viento (m/seg)	Insolación (horas)	ETo cubeta (mm/día)	Evaporación de la cubeta (mm/día)	ETo penman (mm/día)
Noviembre	24.85	23.84	86.44	2.00	1.95	3.36	3.36	2.73
Diciembre	25.84	24.64	83.53	2.00	2.59	2.62	2.79	2.30
Enero	25.30	24.27	86.47	1.74	2.00	2.07	2.76	2.35
Febrero	24.26	30.48	84.90	2.00	3.10	3.07	4.08	2.49

Los métodos indirectos para medir la evapotranspiración de referencia son un cálculo necesario para evaluar el requerimiento de agua en un cultivo y son la base para determinar el programa de riego (Ortiz & Chile, 2020). Pese a que tanto Penman como el método de la cubeta representan herramientas utililes para la determinación de la evapotraspiración de referencia, muestran diferencia substanciales, el método de Penman usa datos establecidos de un área en general de temperatura, radiación, viento y humedad, para pronósticar insuficiencias hídricas dentro de un cultivo, por su parte el método de cubeta evaporimétrica involucra las mismas variables climatica que Penman, pero relaciona la evapotranspiración del cultivo con la evaporación de la cubeta, lo que establece el agotamiento de agua de un cultivo en la misma zona ayudando a conocer el dificit hídrico (Yangue J. , 2003), por tanto como se evidencia en gráfico 2, el valor de ETo de la cubeta presenta valores superiores ya que sus datos se relacionan directamente con las características climáticas del cultivo.

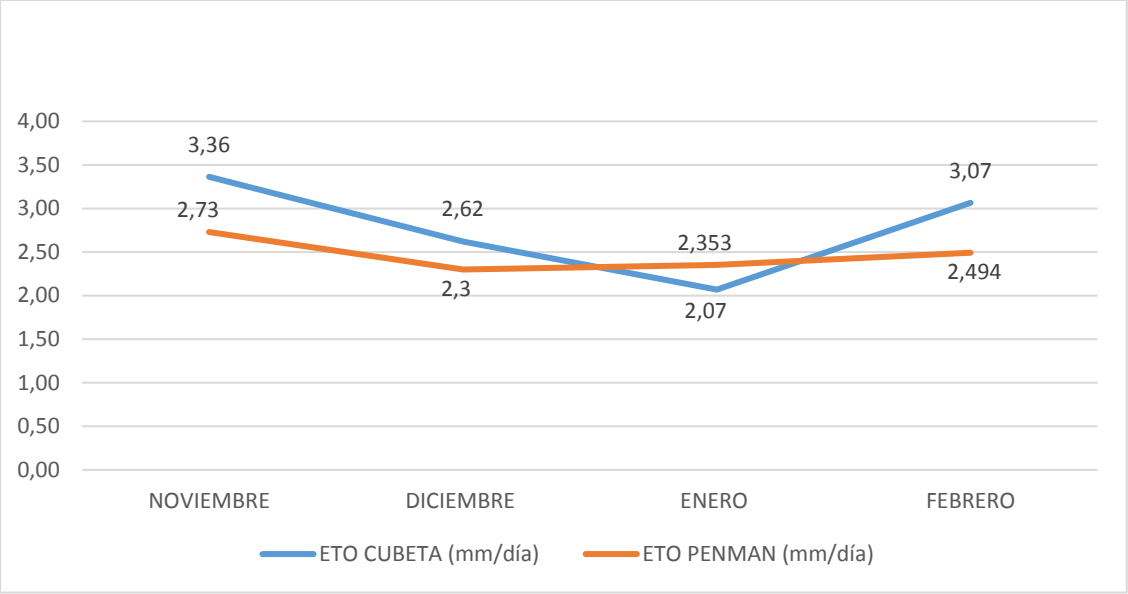


Gráfico 2: Evapotranspiración de referencia (ETo) Noviembre 2019 – Febrero 2020.

Los valores obtenidos en el mes de enero de 2.07 mm/día para el método de la cubeta y 2.35 mm/día para Penman, son inferiores dado que como se conoce la determinación de estos está ligado a sus condiciones ambientales, donde se muestra claramente que este mes posee valores bajos de temperatura, viento e insolación y un valor elevado de humedad (Cisneros, 2003), establece que las temperaturas altas, vientos y radiación fuerte produce déficit de agua en la tierra y mayor consumo de esta por parte de las plantas, lo que se muestra claramente al mes de Noviembre que posee valores de 3.36 mm/día para el método de cubeta y 2.73 mm/día para Penman, por el contrario si estas condiciones son bajas y la humedad alta habrá menor evapotranspiración.

La evapotranspiración de referencia y el Kc del cultivo son determinantes para obtener las necesidades hídricas del cultivo en épocas seca o lluviosa establecidas en el presente estudio con una duración de 43 días cada período, en las cuales se define en el gráfico 3 para la época seca presentando 3 etapas cuyos valores de kc son de 0.87 para la primera etapa con 21 días, 1.06 para la segunda etapa con 17 días y 0.79 para la tercera etapa con 5 días, estableciendo que el cultivo pudo desarrollarse según lo esperado, pero para la época lluviosa observado en el gráfico 4, se evidenciaron 3 etapas cuyos valores de Kc son de 0.76 para la etapa 1 con 19 días, 0.9 para la etapa 2 con 16 días y 0.84 para la etapa 3 con 8 días, los valores son menores que en la época seca, se menciona que esta anomalía se debe a que las características del pasto pueden evidencia una saturación hídrica impidiendo completar su desarrollo de manera favorable de tal manera que los resultados observados afirman dicha hipótesis, además se

define que el cultivo generalmente no llega a completar la fase o etapa 4 porque puede llegar a perder sus propiedades nutricionales según lo define Cisneros (2003).

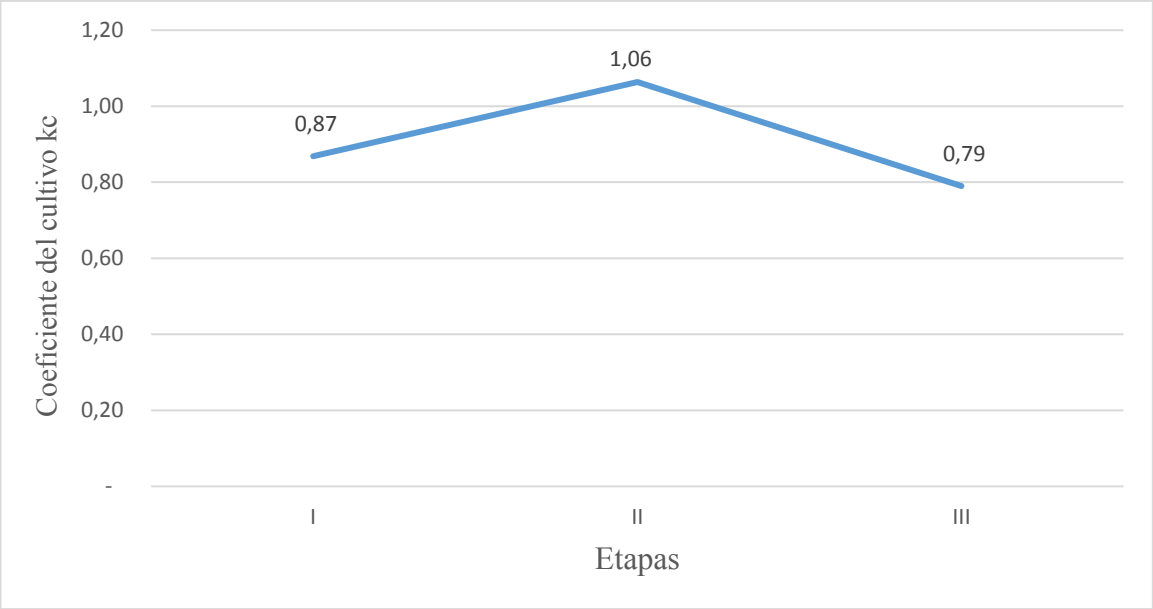


Gráfico 3: Coeficiente del cultivo (Kc) – Época seca.

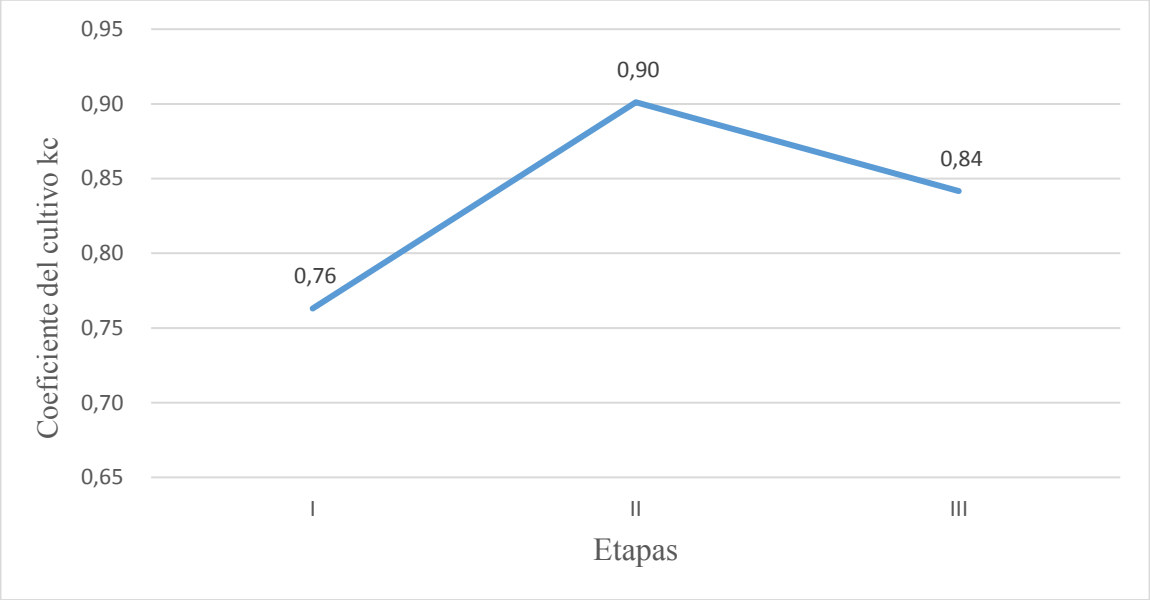


Gráfico 4: Coeficiente del cultivo (Kc) – Época lluviosa.

Según Ramírez (2009), reporta que la fenología de cada cultivo dependerá de los nutrientes que disponga en su desarrollo, la cantidad de agua disponible y las condiciones climáticas del área, además de estar estrechamente relaciona con la cantidad de agua que disponga el cultivo donde se puede apreciar como el requerimiento hídrico favorece las características y desarrollo del mismo, por tanto la época lluviosa logró una altura promedio de

2,50 m con una área foliar de 13,610.15 cm^2 con un rendimiento de materia seca de 19.46 % y materia verde por planta de 3.537 gr, mientras que en la época seca los valores registrados son inferiores obteniendo una altura de 1,89 m con una área foliar de 11,150.98 cm^2 y un rendimiento de materia seca 17.75 % y materia verde por planta de 1.981gr, tabla 5.

Tabla 5: Datos fenológicos promedio, época seca y lluviosa.

Características	Época Seca	Época Lluviosa
Altura de la planta	1,89 m	2,50 m
Número de tallo	98	103
Números de hojas por tallo	7	8
Rendimiento de materia verde	1.981 gr	3,537 gr
Rendimiento de la materia seca	17.75 %	19.46 %
Área foliar	11,150.98 cm^2	13,610.15 cm^2

La época seca comprendió 3 etapas del 28 de Noviembre del 2019 al 10 de Enero del 2020, la primera se estableció en un período de 21 días con una evapotranspiración del cultivo 1.74 mm/día, la segunda etapa comprendió de 17 días, con 3.2 mm/día de evapotranspiración y la tercera etapa de 5 días con un ETc de 1.97 mm/día, mientras que la evapotranspiración por etapa registro su mayor valor en la etapa dos con 54.4 mm y 9.85 mm en la etapa tres como su valor menor, obteniendo un ETc de 100.790 total al final de los 43 días que duró la etapa, tabla 6.

Tabla 6: Evapotranspiración del cultivo en Época seca.

Época seca	Días	Periodo		ETo	Kc	ETc (mm/día)	ETc (mm/día) etapa
Etapas		Fecha desde	Fecha hasta				
I	21	28/11/2019	18/12/2019	2	0,87	1,74	36,54
II	17	19/12/2019	5/1/2020	3	1,06	3,20	54,4
III	5	6/1/2020	10/1/2020	2,5	0,79	1,97	9,85

Total	43					**100,790**	

En el caso de la época lluviosa las etapas del cultivo se realizaron en 43 días, desde el 11 de Enero al 21 de Febrero del 2020, con un ETc total de 97.55 mm, llegando a obtener en la primera etapa con una evapotranspiración diaria de 2.09 mm y 39.71 mm al cumplir los 19 días que constituyen esta etapa, la segunda etapa consta de 16 días con un ETc de 2.58 mm por día y 41.28 y para la etapa tres tiene una evapotranspiración de 2.07 mm con un ETc de 16.56 mm en los 8 días que se estableció, según el INIAP (2003), indica que el pasto Saboya no tolera períodos de extrema humedad o inundación adquiriendo estrés hídrico o tendiendo a desaparecer, tabla 7.

Tabla 7: Evapotranspiración del cultivo en Época lluviosa.

Época lluviosa	**Días**	**Periodo**		**ETo**	**Kc**	**ETc (mm/día)**	**ETc (mm/día) etapa**
Etapas		**Fecha desde**	**Fecha hasta**				
I	19	11/1/2020	29/1/2020	2,73	0,76	2,09	39,71
II	16	30/1/2020	13/2/2020	2,87	0,9	2,58	41,28
III	8	14/2/2020	21/2/2020	2,46	0,84	2,07	16,56
Total	43					**97,55**	

El agua representa un recurso esencial que permite el desarrollo de cada cultivo, transporte de nutrientes, eliminación de toxinas y necesario para procesos como la traspiración y evaporación (Álvarez, 2002).

El sistema de riego no se deberá realizar en la época lluviosa, así mismo los lugares que presencian alta humedad o períodos largos de lluvia, no se debería aportar agua, dado que la

temperatura y la radiación solar no son suficientes para consumir el agua adquirida por el suelo (Sandoval, 2014).

Según lo mencionado por Álvarez (2002), establece que el programa de riego debe apoyar con 5mm de agua diario, considerando las variables como filtración y evotranspiración que son las que afectan en la cantidad de agua que deberá presentar el cultivo y detallará el programa de riego que se deberá aplicar, por otra parte Sandoval (2014), establece que los lugares donde existe la presencia de abundante agua y humedad no requieren de sistema de riego para que no exista saturación hídrica y por lo tanto afecte el desarrollo de los cultivos.

En la tabla 8 se observa el programa de riego que cubrirá eficientemente el déficit hídrico que se presenta con una lámina total de riego de 16 mm en una frecuencia de 5 días con un intervalo de 4 horas para el mes de Noviembre, mientras que Diciembre posee una lámina total de riego de 13 mm en una frecuencia de 5 días y un tiempo de riego de 3 horas.

Tabla 8: Programación de riego del pasto Saboya común.

Meses	ETo	Kc	ETc (mm/día)	P (mm)	Pe (mm)		Rad (mm)	Ln (mm)	Rl	Lt (mm)	Nn (mm/día)		Fr (días)	Ln ajustada (mm)	Lt ajustada (mm)	Iap (mm/hora)	Tr (horas)
					Mes	Día						Se riega o no se riega					
Noviembre	2,73	0,87	2,38	-	-	-	70,72	21,22	0,06	30,10	2,38	Se riega	12,67	11,88	16,89	3,79	4,46
		1,06	2,89								2,89		10,40	14,47	20,58		5,43
Diciembre	2,3	1,06	2,44	-	-	-					2,44	Se riega	12,34	12,19	17,34		4,58
		0,79	1,82								1,82		16,56	9,09	12,92		3,41

CONCLUSIONES

- La evapotranspiración de referencia determinada por métodos indirectos demostró estar relaciona con sus variables climáticas donde la temperatura, humedad, viento y radiación juegan un papel fundamental para su determinación, por otro lado, se evidencia que, si la presencia de humedad es alta y la temperatura, humedad y vientos menor, la tasa de evapotranspiración será menor.

- Se establece que los valores de Kc en la época seca fueron superiores lo que demostró el aumento de evapotranspiración evidenciando mayor calor, por tanto, mayor requerimiento hídrico, mientras que los valores de Kc para la época lluviosa fueron inferiores evidenciando una evapotranspiración inferior, por ende, existió un aumento de humedad en el suelo.

- Con las condiciones climáticas de la zona y los consumos reales de agua del cultivo, la programación de riego es eficiente con el uso del agua y maximiza la producción de biomasa del pasto Saboya común.

BIBLIOGRAFÍA

Aguayo, C., & Dueñas. R. (2014). ¿La ganaderia del Ecuador tendrá todavía esperanza? ¡En la economia solidaría y soberanía alimentaria! FEDEGAN. Obtenido de http://elproductor.com/wp-content/uploads/2014/08/trabajo-fedegan.pdf

Allen, R., Pereira, L., Raes, D., & Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0).

Alarcón, A. 1993. La micorriza vesículo-arbuscular en el manejo de dos métodos de propagación de frutales. Tesis de Licenciatura Universidad Veracruzana, Xalapa, Veracruz.

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

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

Arevalo, V., (2012). El cultivo en zonas rurales y los procesos de riego. Quito - Ecuador: Universidad Tecnologica Israel.

Bitocchi, E., &, Nanni, L., (2011). El origen meso Americano del frejol . (s.f.). Obtenido de Mesoamerican origin of the common bean

Briceño, M, Álvarez, F. & Barahona, U. (2012). Manual técnico de riego con énfacis en riego

Chavarría, J. (2011). Guía de instalación y calibración de un tensiómetro. Calceta, Manabí, Ecuador.

Chen, S. (2005). Obtenido de Chen, D. L., Gao, G., Xu, C. Y., Guo, J. & Ren, G.Y. (2005). Comparison of the Thornthwaite method and pan

Cisneros, R. (2003). Apuntes de la materia de Riego y Drenaje . San Luis Potosí : Centro de investigación y estudios de postgrado y área agrogeodésica. Universidad Autónoma de San Luis Potosí .

Crystal Chemical., (2015). Propuesta de un modelo de comercio electrónico para la venta de productos agroquímicos. pdf

Garay, O. (2009). Manual de uso consuntivo del agua para los principales cultivos de los Andes Centrales Peruanos. 3-19.

GAD, Manabí, (2004). Mapas de cantones expuestos a sequias y deficit hídrico. Plan de desarrollo provincial. Portoviejo : Secretaria de Planificación GPM.

INAMHI. (2017). Datos climatologicos promedio del 2000 al 2012. Pucem-Chone.

INIAP, I. (2003). Manual de pastos Tropicales. Quito - Ecuador : pp 45 - 78.

INEC. (2016). Resultados de Censo. Quito: Instituto Nacional de Estadística y Censo. Obtenido dehttp://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/webinec/estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/presentacion%20espac%202016.pdf

Mossande, A, Oscar, B, & Mujica, A. (2015). Requerimientos hídricos del tomate en el valle de Cavaco en Benguela, Angola. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 5-10.

Ortiz, R, & Chile, M. (2020). Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco. Quito: Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas.

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

Rivetti, A. (2006). Produccion de maiz bajo diferentes riegos . https://www.redalyc.org/pdf/3828/382838559004.pdf.

Rodríguez, J. (2016). “Efectos de la aplicación de la fertilización nitrogenada sobre la calidad y rendimiento del Pasto Tanzania (Panicum máximum) en la zona de Babahoyo.”. Los Ríos : Universidad Técnica de Babahoyo.

Sandoval, J. (2014). Necesidades Hídricas de Pasturas con Manejo Orgánico en la Zona de Influencia del Canal de Riego Cayambe - Pedro Moncayo. Quito : Universidad Politécnica Salesiana .

UNESCO (2015). Informe de las Naciones Unidas sobre los recursos hídricos en el mundo 2015.Agua para un mundo sostenible.

Verdecia, D., Ramírez, J., Leonard, I., Pascual, Y., & López, Y. (2008). Rendimiento y componentes del valor nutritivo del Panicum maximum cv. Tanzania (Yiel and component of the nutritive value of the Panicum maximum c.v Tanzania) . REDVET: Revista Electrónica de Veterinaria, 9(5), 1-9.

Villa F,. (2012). Propósito de la gestión del agua en el mundo contemporáneo , un enfóque biopolítico, Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

Yangue, J. (2003). Técnicas de Riego . Ministerio de Agricultura, Pezca y Alimentación .

ANEXOS

Anexo No. 1: Datos climatológicos de noviembre 2019 – febrero 2020.

Fecha	Pp (mm)	P.ef (mm)	Temp. Máx	Temp. Min	Hr (%)	Vv (m/s)
28/11/19	1,90	1,52	25,339	24,185	86,642	2
29/11/19	0,8	0,64	25,111	23,372	81,407	2
30/11/19	0	0	24,92	23,977	88,568	2
01/12/19	1,8	1,44	25,433	24,278	86,898	2
02/12/19	0	0	26,032	24,957	83,195	2
03/12/19	3,1	2,48	24,94	24,025	89,625	2
04/12/19	0	0	26,359	25,314	82,306	2
05/12/19	0,9	0,72	24,671	24,022	91,607	2
06/12/19	2,4	1,92	24,991	24,129	87,909	2
07/12/19	0,9	0,72	25,26	24,19	84,235	2
08/12/19	0,2	0,16	25,081	24,229	88,563	2
09/12/19	0	0	24,62	23,959	89,922	2
10/12/19	0	0	25,539	24,476	89,822	2
11/12/19	0	0	24,463	23,471	85,959	2
12/12/19	0	0	25,587	24,505	84,207	2
13/12/19	1,1	0,88	23,005	22,049	91,419	2
14/12/19	0	0	26,005	24,55	78,719	2
15/12/19	0	0	25,137	23,916	78,909	2
16/12/19	1,2	0,96	25,189	24,196	83,069	2
17/12/19	1,3	1,04	26,48	25,166	76,859	0
18/12/19	0	0	27,349	25,751	74,687	2
19/12/19	0	0	26,937	25,33	75,133	2
20/12/19	0	0	27,182	25,512	70,88	2
21/12/19	0	0	26,718	24,275	75,512	2
22/12/19	0	0	26,402	24,954	78,266	2
23/12/19	0	0	27,227	25,605	75,309	2
24/12/19	0	0	27,067	25,827	76,034	2
25/12/19	0	0	26,205	25,043	81,925	0
26/12/19	0,3	0,24	26,193	25,024	86,873	2
27/12/19	3,7	2,96	26,282	25	86,93	0
28/12/19	16,9	13,52	26,294	25,089	89,822	0
29/12/19	12,5	10	25,116	24,009	92,559	2
30/12/19	9,1	7,28	26,932	25,757	86,664	0
31/12/19	0,6	0,48	26,385	25,105	85,764	2
01/01/20	1,1	0,88	26,355	25,325	81,832	2
02/01/20	0	0	25,578	24,495	88,179	2

03/01/20	0,2	0,16	25,773	24,84	83,805	2
04/01/20	9,1	7,28	25,316	24,087	90,089	0
05/01/20	15,3	12,24	26,201	24,845	87,628	2
06/01/20	2	1,6	26,012	24,925	87,709	0
07/01/20	1,3	1,04	25,639	24,65	90	2
08/01/20	4,7	3,76	26,724	25,456	83,817	2
09/01/20	0	0	26,766	25,262	83,534	2
10/01/20	0	0	26,967	25,573	83,095	2
11/01/20	0	0	26,332	24,941	89,798	2
12/01/20	2,3	1,84	27,159	25,905	86,549	2
13/01/20	0,3	0,24	25,462	24,278	92,546	2
14/01/20	17,2	13,76	25,909	24,906	90,336	2
15/01/20	5,7	4,56	25,954	24,929	89,833	2
16/01/20	5,7	4,56	25,817	24,647	92,847	2
17/01/20	6,3	5,04	26,113	25,026	92,934	0
18/01/20	4,6	3,68	25,586	24,734	93,826	2
19/01/20	2,6	2,08	26,7	25,582	87,978	2
20/01/20	2,2	1,76	25,33	24,27	77,78	2
21/01/20	0,5	0,4	24,599	23,645	81,858	2
22/01/20	8,5	6,8	25,94	24,457	79,75	2
23/01/20	1,5	1,2	24,295	23,515	82,31	2
24/01/20	4,9	3,92	22,743	22,01	87,585	2
25/01/20	35,8	28,64	22,8337	22,347	87,196	0
26/01/20	7,2	5,76	22,545	21,928	91,1875	2
27/01/20	1,7	1,36	22,3	21,755	89,839	2
28/01/20	0	0	25,76	24,635	78,12	2
29/01/20	0	0	24,475	23,6575	83,694	2
30/01/20	26,8	21,44	23,937	23,13	83,943	2
31/01/20	4,6	3,68	23,303	22,546	82,416	2
01/02/20	15,4	12,32	23,363	22,059	86,107	2
02/02/20	36,7	29,36	26,184	25,037	76,255	2
03/02/20	0,4	0,32	24,745	23,84	83,496	2
04/02/20	11,9	9,52	24,795	23,805	85	2
05/02/20	0	0	23,434	22,565	86,165	2
06/02/20	2,7	2,16	24,081	23,205	82,471	2
07/02/20	0,4	0,32	24,965	23,82	79,9	2
08/02/20	1,5	1,2	24,715	23,7195	82,243	2
09/02/20	6	4,8	24,658	23,664	85,77	2
10/02/20	4,8	3,84	23,237	22,376	88,525	2
11/02/20	0	0	23,647	22,77	85,11	2
12/02/20	0,6	0,48	24,633	23,746	80,861	2
13/02/20	0,3	0,24	23,971	222,941	85,269	2
14/02/20	22,4	17,92	25,982	24,621	79,421	2

15/02/20	15,6	12,48	24,382	23,657	92,281	2
16/02/20	4,8	3,84	22,885	22,294	95,207	2
17/02/20	0,2	0,16	24,2	23,29	86,325	2
18/02/20	20,6	16,48	23,58	22,924	88,913	2
19/02/20	23,4	18,72	25,139	24,396	84,682	2
20/02/20	39	31,2	24,448	23,318	85,789	2
21/02/20	30,7	24,56	23,932	23,13	89,659	2

Anexo No. 2: Lectura del Tensiómetro.

Fecha	Tensiómetro
28/11/19	4
29/11/19	8
30/11/19	3
01/12/19	4
02/12/19	8
03/12/19	5
04/12/19	5
05/12/19	7
06/12/19	6
07/12/19	7
08/12/19	10
09/12/19	8
10/12/19	10
11/12/19	8
12/12/19	8
13/12/19	10
14/12/19	12
15/12/19	18
16/12/19	8
17/12/19	10
18/12/19	22
19/12/19	20
20/12/19	21
21/12/19	20
22/12/19	15
23/12/19	18
24/12/19	21
25/12/19	19
26/12/19	10
27/12/19	5
28/12/19	6
29/12/19	1
30/12/19	0
31/12/19	5
01/01/20	8
02/01/20	15
03/01/20	7
04/01/20	0
05/01/20	0
06/01/20	7
07/01/20	0
08/01/20	3
09/01/20	10
10/01/20	10

11/01/20	6
12/01/20	7
13/01/20	5
14/01/20	0
15/01/20	0
16/01/20	0
17/01/20	5
18/01/20	5
19/01/20	6
20/01/20	3
21/01/20	4
22/01/20	8
23/01/20	4
24/01/20	6
25/01/20	2
26/01/20	3
27/01/20	6
28/01/20	4
29/01/20	5
30/01/20	5
31/01/20	7
01/02/20	2
02/02/20	0
03/02/20	0
04/02/20	2
05/02/20	2
06/02/20	6
07/02/20	4
08/02/20	0
09/02/20	1
10/02/20	0
11/02/20	3
12/02/20	5
13/02/20	7
14/02/20	5
15/02/20	2
16/02/20	0
17/02/20	0
18/02/20	2
19/02/20	4
20/02/20	0
21/02/20	0

Anexo No. 3: Datos Fenológicos para cada época.

ÉPOCA SECA

Pasto Saboya común época seca								
Planta	**Altura (m)**	**# de tallos**	**# de hojas**	**Peso de tallo gr**	**Peso materia seca gr**	**Peso materia verde gr**	**Área foliar de la planta cm^2**	**Área foliar de la planta m^2**
Caja	1,89	99	377	1163	38	998	11.150,98	1,115098
P1	1,86	95	368	968	32	898	11.008,25	1,100825
P2	1,82	92	362	984	30	933	10.930,56	1,093056

Plantas	**Peso del tallo (gr)**	**Peso de la hoja (gr)**	**Peso del tallo con funda (gr)**	**Peso de la hoja con funda (gr)**	**Peso del tallo en funda después de la estufa (gr)**	**Peso de la hoja en funda después de la estufa (gr)**	**Peso del tallo después de la estufa sin funda (gr)**	**Peso de la hoja después de la estufa sin funda (gr)**	**Peso de la funda tallo (gr)**	**Peso de la funda |de la hoja (gr)**
Caja	110	106	116	111	16,80	30,85	10,10	24,17	6,70	6,68
P1	108	109	114	115	20,04	32,52	13,44	25,89	6,60	6,63
P2	118	112	124	118	22,04	35,49	15,35	28,97	6,69	6,52

ÉPOCA LLUVIOSA

Pasto Saboya común época lluviosa								
Planta	**Altura (m)**	**# de tallos**	**# de hojas**	**Peso de tallo gr**	**Peso materia seca gr**	**Peso materia verde gr**	**Área foliar de la planta cm^2**	**Área foliar de la planta m^2**
Caja	2,50	103	389	1917	178	1890	13.610,15	1,361015
P1	2,20	102	385	1799	124	1710	12.810,38	1,281038
P2	2,25	99	374	1500	110	1799	12.930,90	1,29309

Plantas	**Peso del tallo (gr)**	**Peso de la hoja (gr)**	**Peso del tallo con funda (gr)**	**Peso de la hoja con funda (gr)**	**Peso del tallo en funda después de la estufa (gr)**	**Peso de la hoja en funda después de la estufa (gr)**	**Peso del tallo después de la estufa sin funda (gr)**	**Peso de la hoja después de la estufa sin funda (gr)**	**Peso de la funda tallo (gr)**	**Peso de la funda de la hoja (gr)**
Caja	108	118	118	124	20,53	37,80	13,92	31,15	6,61	6,65
P1	102	123	109	129	23,25	35,60	16,71	29,18	6,54	6,42
P2	105	120	111	126	22,73	30,90	16,24	24,40	6,49	6,5

Anexo No. 4: Fotos de desarrollo de la Investigación.









Anexo No. 5: Etapas de desarrollo del cultivo.









Anexo No. 6: Toma de datos cultivo para determinar las etapas fenológicas.







Anexo No. 7: Toma de datos del tensiómetro.

