



Pontificia Universidad  
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR SEDE  
MANABÍ**

**CARRERA DE INGENIERÍA HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:**

**EFFECTOS DE DIFERENTES PROGRAMACIONES DE RIEGO EN EL  
PASTO KING GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum* x  
*Pennisetum typhoides*) SOBRE ESTRÉS HÍDRICO DE LA PLANTA  
UTILIZANDO EL TERMÓMETRO DE LUZ INFRARROJA**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERA HIDRÁULICA**

**AUTORA: CARLA NICOLLE ALCÍVAR SALMERÓN**

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:  
ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA, M Sc.**

**FEBRERO 2020**

**CHONE – MANABI – ECUADOR**

## CERTIFICACIÓN DE LA TESIS

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, M. Sc

Docente Carrera Ingeniería Hidráulica

## 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 M.Sc.

Primer Lector

(f) \_\_\_\_\_

Ing. David Caicedo Toro M.Sc.

Segundo Lector

(f) \_\_\_\_\_

Ing. Fabián Rodrigo Espinales M.Sc.

Tercer Lector

## **DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD**

Éste manuscrito no contiene ningún tipo de material que ha sido aceptado para la obtención de un título universitario en otra institución, excepto en forma de información de sustento que ha sido debidamente citada en mi trabajo. Este trabajo es de total responsabilidad de la autora, quien declara bajo juramento que ninguna sección de esta tesis infringe los derechos de autor de nadie.

Alcívar Salmerón Carla Nicolle \_\_\_\_\_

DIRECCIÓN: Parroquia Santa Rita

EMAIL: carlanicolle\_97@hotmail.com

TELÉFONO: 0969931028

## DECLARACIÓN DE DERECHO DE LA AUTORA

Yo, Carla Nicolle Alcívar Salmerón 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 nuestros 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 a la autora de este trabajo.

-----

Alcívar Salmerón Carla Nicolle

CI: 131400549-5

## **DEDICATORIA.**

“EL TRIUNFO ES DE DIOS Y DIOS ESTA EN MÍ, POR ESO A ÉL LE DEBO MI VICTORIA”

En el transcurrir de nuestra vida, el hombre vive la vida al máximo y se focaliza en lo positivo, no se conforma con lo que se necesita. Se lucha por lo que uno merece, con firmeza de que Yo quiero, puedo soy capaz; el camino del éxito sin duda para mí es esforzarse, entregarse, pero sobre todo creer en ti y tener perseverancia para llegar a la meta propuesta.

Es muy placentero para mí ofrendar este presente trabajo encaminado a la loable investigación, en la cual venciendo dificultades porque son inevitables en el proceso de este proyecto, te hacen atesorar riquezas de conocimiento y saberes únicos que te permiten saborear el esfuerzo del triunfo. La perseverancia hace que te complazcas en entregar este trabajo que ha sido otra de mis aspiraciones; desde lo más profundo de mi corazón y sentimiento dedico a todas las personas que han colaborado, para que Yo culmine mis propósitos, otro sueño cristalizado en mis grandes logros de vida profesional.

En el camino profesional sin duda alguna recordare a todo el equipo de magistrados de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador y a quienes se esfuerzan para ser profesionales a ser únicos y marcar la diferencia cuando me refiero a que. “El hombre necesita dificultades, porque son necesarias para disfrutar el éxito”

## AGRADECIMIENTO

El ímpetu y la grandeza divina llena el esplendor de la misericordia de Dios, que está presente en la sabiduría, siendo ella un espejo immaculado de la actividad de Dios y una imagen de su bondad. Por la sabiduría fundó el Señor la tierra y fruto de ello está la creación de todo lo que existe, que penetra en la inteligencia del ser humano.

Gratitud perpetúa a Dios todopoderoso, ya que con su santa voluntad todo se manifiesta en nuestra existencia porque ha caminado junto a mí, siendo testigo fiel en cada una de mis acciones, apoyándome en cada uno de mis pasos a través de mi vida. A él debo mis abnegaciones que he logrado cristalizar uno de mis grandes anhelos. He llegado a ser lo que me propuse, desenvolviéndome con justicia, cuidado y amor en su gran creación; la naturaleza y que mi trabajo de investigación está ligada a ella.

Mi gran complacencia es contar con la presencia de mis padres, amigos incondicionales que con sus ejemplos del día a día me instituyeron en la pasión único a Dios mediante el amor incondicional, la sabiduría, la prudencia, la humildad y la sencillez predisponiéndola al servicio de los demás. A ustedes padres Ing. Aparicio Alcívar Loor y Lic. Beccy Salmerón Loor. Mgs. Instructores de toda mi vida y formación espiritual en los principios éticos y morales, que hoy lo continuo perseverando porque me hacen única y realizada, para ejecutarlos durante mi vida profesional al servicio de la sociedad que espera la justicia equitativa en este momento donde nos disponemos a la prestación del prójimo .

Por ser la presencia viva de mis padres, mis abuelit@s. Sr. Wiltón Alcívar Alcívar, Sra. Ángela Loor Cevallos y Sr. Boanerge Salmerón Barberán que desde el cielo admiras mi sueño cristalizado y Sra. Marys Loor Morales, que por siempre me están incentivando con sus sabias palabras y experiencias.

El amor a plenitud se hace presente al contar desde la distancia y atravesando cielos y mares, me trasferes a formar parte de ti, siempre llegas en los momentos precisos y más importantes, haciendo en mí una fortaleza firme de amor, paz y perseverancia; me refiero a mi novio Franklin Efraín Flores de Valgas Mitre. Instituyendo en mi un horizonte plasmado en proyectos para nuestras vidas profesionales.

Mi gratificación al Ing. Jesús Enrique Chavarría quien, como verdadero profesional, maestro guía, supo canalizar y guiarme de forma auténtica sus conocimientos, experiencias y vivencias, dirigiendo mi trabajo de investigación.

Hago extensiva mi gratitud, a la PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR CAMPUS CHONE. A sus autoridades directivos, personal docente, administrativo y de servicio, ya que a través de ellos he forjado mi espíritu y mi alma hasta alcanzar la meta propuesta.

Por siempre, con Sincera gratitud CARLA NICOLLE ALCIVAR SALMERÓN

## **ESTRÉS HÍDRICO EN EL PASTO *KING GRASS MORADO***

### **Resumen**

Esta investigación experimental determinó el efecto de diferentes programaciones de riego en el pasto *King Grass Morado* (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), sobre estrés hídrico de la planta, utilizando el termómetro de luz infrarroja, al ser una herramienta confiable en la programación de riego que mide el estrés hídrico en los cultivos y posibilita el uso eficaz de estos recursos. Así, esta investigación se desarrolló en la finca de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, Campus Chone, periodo noviembre 2019 - febrero 2020. Los datos se obtuvieron por cuatro tratamientos de láminas de riego de 40%, 60%, 80% y 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc). El estrés hídrico fue obtenido por dos tomas de datos de temperatura del cultivo y del ambiente, antes y después de riego. Los resultados determinan un rango de 1-4°C que indica que no existe estrés, y un rango de 4-6°C que indica que existe alto nivel de estrés hídrico. El tratamiento 100% de la ETc en el ciclo del cultivo no presenta estrés hídrico, mostrando una diferencia de temperatura de 2,92°C; y presenta mayor estrés hídrico al tratamiento 60% de la ETc con 4,58°C. Asimismo, el tratamiento 100% de la ETc tiene mayor área foliar con 17.453,633 cm<sup>2</sup>. En conclusión, el estrés hídrico obtenido a partir de la medida de la temperatura, parece ser un buen indicador del estado hídrico del desarrollo y rendimiento del pasto *King Grass Morado*.

*Palabras clave:* lámina de riego, termometría infrarroja, rendimiento, programación de riego

## WATER STRESS OF GRASS PURPLE KING GRASS

### Abstract

This experimental research study determined effects of different irrigation schedules on grass Purple King Grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), on its water stress, using an infrared thermometer, given that it is a reliable device in irrigation scheduling, which is able to measure crop water stress and enable proper management of water resources. For that reason, this research was carried out on the farm at Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Manabí, Chone Campus during the period from November 2019 to February 2020. Data were collected by means of four irrigation sheets of 40%, 60%, 80% and 100 % of crop evapotranspiration (ETc). Water stress index was determined from two data records of temperature of crop and environment, both before and after irrigation. The findings reveal a range of 1-41°C that means there is no water stress, and a range of 4-6°C that means there is a high level of water stress. The results show 100% of ETc treatment in the crop cycle is not subjected to water stress, presenting temperature difference of 2.92°C; they also reveal 60% of ETc treatment is subjected to higher water stress with 4.58°C. Likewise, 100% of ETc treatment has a greater leaf area of 17,453.633 cm<sup>2</sup>. In conclusion, calculating crop water stress from measurements of temperature seems to be a good indicator of water status and growth of grass Purple King Grass.

Keywords: irrigation sheet, infrared thermometry, performance, irrigation scheduling

## Tabla de Contenidos

CERTIFICACIÓN DE LA TESIS .....	I
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	II
DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD .....	III
DECLARACIÓN DE DERECHO DE LA AUTORA .....	IV
DEDICATORIA. ....	V
AGRADECIMIENTO .....	VI
Resumen .....	VII
Abstract.....	VIII
Lista de tablas.....	9
Lista de figuras .....	10
Lista de fórmulas .....	11
1 INTRODUCCIÓN .....	12
2. OBJETIVOS.....	15
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	15
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	16
3.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.....	16
3.2.1 LOCALIZACIÓN.....	16
3.2.2- COORDENADAS GEOGRÁFICAS.....	16
3.3- EQUIPOS Y MATERIALES.....	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
6. CONCLUSIONES.....	34
BIBLIOGRAFÍA.....	35
7. ANEXOS .....	37

### **Lista de tablas**

Tabla 1: Datos Climáticos promedios mensuales del año 2000 al 2013.....	17
Tabla 2: Medidas de la parcela. ....	18
Tabla 3: Etapas de desarrollo del cultivo (Antes del Riego). ....	27
Tabla 4: Etapas de desarrollo del cultivo (Después del Riego). ....	29
Tabla 5: Programación de riego del Pasto King Grass Morado.....	31

### Lista de figuras

Figura 1: Localización de ejecución de tesis .....	16
Figura 2: Estrategias para evitar el estrés hídrico en las plantas.....	19
Figura 4: Área foliar en cm <sup>2</sup> del pasto King Grass Morado.....	32

## Lista de fórmulas

Fórmula 1: Método de Penman Monteith modificada por la FAO. ....	20
Fórmula 2: Evapotranspiración del cultivo Etc. ....	21
Fórmula 3: Precipitación efectiva. ....	21
Fórmula 4: Balance Hídrico. ....	21
Fórmula 5: Agua Fácilmente Disponible para el Cultivo. ....	22
Fórmula 6: Lámina Neta. ....	22
Fórmula 7: Requerimiento de Lavado. ....	22
Fórmula 8: Lámina Neta. ....	23
Fórmula 9: Intervalo de Riego. ....	23
Fórmula 10: Lámina Ajustada. ....	23
Fórmula 11: Lámina Total Ajustada. ....	24
Fórmula 12: Intensidad de Aplicación del Aspensor. ....	24
Fórmula 13: Tiempo de Riego. ....	25
Fórmula 14: Índice de Área Foliar. ....	26

## 1 INTRODUCCIÓN

La evapotranspiración es la suma de la vaporización de la superficie del suelo y la transpiración de la planta (Orduz & Fischer, 2007). Se conoce como evapotranspiración (ET) la composición de dos métodos separados por los que el agua se pierde a través del área del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo (Moratíel, 2017).

En el momento de la plantación, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del 90% de la ET ocurre como transpiración (Allen, 2006).

La evapotranspiración se ve afectada por factores como: radiación, humedad atmosférica, temperatura del aire, y la velocidad del viento, estos parámetros del clima sobre la evapotranspiración se denominan evapotranspiración de referencia (ET<sub>0</sub>) que se produce en el cultivo de pasto afectados por los factores climáticos que pueden ser calculados por el método de Penman Monteith modificado por el FAO (Moratíel, 2017).

Para el análisis de la temperatura, humedad y la evapotranspiración, el viento es el agente importante, puesto que a mayor circulación de aire la cantidad de agua evaporada es mayor a la superficie foliar, que ocasiona una mayor pérdida de agua, lo que ocasiona que la escorrentía se ralentice lo cual aumenta la infiltración y reduce la erosión (Salazar, 2016).

En circunstancias de escasez de agua, la transpiración es mínima y la temperatura de las hojas acrecienta (Gonzalez, Bryant, & Moran, 2000). El estrés hídrico se define como el proceso externo que ejerce una influencia en la planta que a su vez puede determinar el comportamiento de los follajes, puesto que no en todas se ejerce un mismo nivel de estrés. Una forma de referirse al estrés hídrico es la tolerancia y la capacidad que tienen las plantas para afrontarse al estrés en situaciones desfavorables (Carrasco, 2019).

El déficit hídrico no sólo sucede cuando el agua es escasa en el ambiente, sino que por temperaturas bajas y por una elevada salinidad del suelo en donde las plantas ejercen una respuesta al déficit hídrico o sequía a un ambiente escaso de agua, en donde la transpiración excede a la toma de agua. Estas condiciones, capaces de inducir una disminución del agua aprovechable del citoplasma de las células, también son conocidas como estrés osmótico (Moreno, 2009).

El eficiente manejo del agua en las zonas verdes demanda indicadores del período hídrico que envuelven medidas del contenido de agua o del potencial hídrico y la regulación de transpiración en apreciación a síntomas visuales como la marchitez o determinación de la temperatura. Esto se lleva a cabo mediante la utilización de termómetros infrarrojos que miden la onda de radiación de la cubierta foliar, en función de la emisividad, dando como resultado el modo preciso del estado hídrico de la planta, disminuyendo la transpiración y el flujo del calor latente por lo que la radiación neta hace aumentar la temperatura de la planta (Soler & Fuentes, 2008).

La exposición de las plantas para responder al estrés es un aspecto principal de la fisiología ambiental, la cual propone conocer cómo es el desempeño de las plantas en sus ambientes naturales y cuáles son los patrones que determinan su distribución, supervivencia y crecimiento. (Valladares, y otros, 2004)

La falta hídrica es la tensión que actúa sobre las plantas, y toda tensión causa dos tipos de respuesta en los organismos: respuestas que tienden a evitar o prevenir la tensión (mecanismos evitadores) y mecanismos o adaptaciones que permiten soportar o resistir el estrés (mecanismos tolerantes) (Valladares, y otros, 2004). El riego en los cultivos se basa en diferentes factores químicos y físicos, la cantidad de agua para compensar las pérdidas de evapotranspiración es considerar las necesidades hídricas de la planta, cuando esta se encuentra en estrés hídrico se mide la cantidad de agua que evapotranspira la planta y así se conoce las pérdidas que son necesarias reponer (Moratiel, 2017).

El índice de estrés hídrico del cultivo (IEHC), es utilizada para determinar la tasa de transpiración presente en un cultivo que utiliza la medición de temperatura del cultivo y el déficit de presión de vapor, que se basa en distintos métodos de caracterización de índices para realizar la programación del riego con el propósito de determinar las láminas y frecuencias apropiadas durante el ciclo fenológico de un cultivo. Para la determinación del riego, se debe considerar diversos factores, como los requerimientos hídricos del cultivo, demanda evaporante de la atmósfera, condiciones fisicoquímicas y biológicas del suelo que determinan su capacidad de retención de agua por la superficie, y los datos de profundidad efectiva del cultivo, que establecen la cantidad de agua que puede ser utilizada en el proceso evapotranspiración del cultivo (Delgado, y otros, 2017).

Este es el mecanismo de transferencia de calor dominante cuando consideramos la cubierta vegetal en su conjunto, en vez de las hojas individualmente, por lo que puede ser usado para la programación del riego (Gonzalez, Bryant, & Moran, 2000).

El cultivo presenta estrés hídrico cuando decrece la transpiración y asciende la temperatura de la hoja la cual puede alcanzar de 4 a 6°C más que la temperatura del aire, si la planta transpira sin estrés la temperatura de la hoja es entre 1 a 4°C menor que la temperatura ambiental. En este caso existe cada uno de los parámetros mencionados, donde se toma de referencia el Et de 100% del cultivo el cual determina la transpiración que se ve deducida con el incremento de la temperatura foliar (Rutilio, Arteaga, Vazqu ez, López, & Sánchez, 2009) .

Para suplantar las necesidades de humedad en el suelo de un cultivo definitivo se solicita del riego, y compensar las pérdidas sufridas por evapotranspiración que las precipitaciones no suplen. Por ende se precisa, entre otros métodos efectivos, realizar el balance diario del agua presente en la zona radicular, para planificar las láminas y los tiempos de riego (Duarte, Zamora, & León, 2012).

El balance de la energía (BE) de la superficie es de suma importancia puesto que permite conocer los flujos y masa de energía de cada uno de los niveles de evapotranspiración como lo es la radiación neta ( $R_n$ ) constituye la energía disponible para el desarrollo de los procesos a nivel de superficie y es la variable de entrada que modela el sistema suelo-planta-atmósfera, el calor latente ( $L_h$ ), calor sensible ( $S_h$ ) que concierne a la temperatura de aire encima de la parcela, calor del suelo que sustenta como referencia la temperatura en suelo superficial. En este sentido, la incumbencia de cada uno de los términos en el análisis de la ecuación de BE y un conocimiento general del mismo, es esencial en estudios de carácter científico-tecnológico, en la planificación y gestión de los recursos naturales: agua y vegetación, en estudios del clima, entre otras aplicaciones (Rivas & Dora, 2009) .

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

- ✓ Determinar el efecto de diferentes programaciones de riego en el pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) sobre estrés hídrico de la planta utilizando el termómetro de luz infrarroja.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

- ✓ Establecer la influencia de láminas de agua sobre estrés hídrico del pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).
- ✓ Realizar la programación de riego del pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) utilizando aquella que presente menor estrés hídrico del cultivo.
- ✓ Evaluar la influencia del estrés hídrico en el área foliar del pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)

### 3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

#### 3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Es de tipo experimental ya que se estableció la toma de datos del pasto King Grass Morado Híbrido (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) con el termómetro de luz infrarroja.

#### 3.2 CARACTERÍSTICAS DEL LUGAR.

##### 3.2.1 LOCALIZACIÓN.



Figura 1: Localización de ejecución de tesis  
Fuente: Google Earth 2019

El análisis de estudio se desarrolló en el campo experimental de la “Pontificia Universidad Católica del Ecuador” sede Manabí Campus Chone, en la Finca km 11 de la Vía Chone- Quito colindante con los centros poblados de Garrapata.

##### 3.2.2- COORDENADAS GEOGRÁFICAS.

- Altitud: 36msnm
- Latitud: -0.664167
- Longitud -80.036389

**(Datos obtenidos de la estación meteorológica de INAMHI ubicada en la PUCEM.)**

### 3.2.3- CONDICIONES CLIMATOLÓGICAS.

Tabla 1: Datos Climáticos promedios mensuales del año 2000 al 2013.

<b>MES</b>	<b>EVAPORACIÓN mm/día</b>	<b>HUMEDAD RELATIVA %</b>	<b>PRECIPITACIÓ N mm/mes</b>	<b>VELOCIDAD DEL VIENTO m/s</b>
<b>ENERO</b>	3.310	91	191.17	2.19
<b>FEBRERO</b>	3.293	92	304.43	2.3
<b>MARZO</b>	3.706	91	244.93	2.4
<b>ABRIL</b>	3.877	91	148.4	2.12
<b>MAYO</b>	3.135	91	44.15	2.09
<b>JUNIO</b>	2.817	91	12.08	1.87
<b>JULIO</b>	3.171	91	13.12	1.93
<b>AGOSTO</b>	3.770	89	8.3	2.22
<b>SEPTIEMBRE</b>	3.906	89	7.77	2.17
<b>OCTUBRE</b>	3.958	89	7.71	2.24
<b>NOVIEMBRE</b>	4.041	88	11.15	2.74
<b>DICIEMBRE</b>	3.375	89	69.27	2.44

Fuente: (INAMHI, 2019)

### 3.3- EQUIPOS Y MATERIALES.

#### 3.3.1- MATERIALES DE CAMPO.

- ✓ Plantas de Pasto King Grass Morado Híbrido (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides)
- ✓ Termómetro de luz infrarrojo
- ✓ Cámara fotográfica

#### 3.3.2- MATERIALES DE OFICINA.

- ✓ Cuaderno
- ✓ Esfero
- ✓ Laptop
- ✓ Software Excel

### 3.4- CARACTERÍSTICAS DEL CAMPO EXPERIMENTAL.

#### 3.4.1- CULTIVO DEL PASTO KING GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).

Tabla 2: Medidas de la parcela.

Ancho de la parcela	<b>3m</b>
Largo de parcela	<b>12m</b>
Área de parcela	<b>36m<sup>2</sup></b>
Números de plantas en la parcela	<b>36 u</b>

### 3.5- MÉTODOS.

#### 3.5.1- VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACIÓN.

- ✓ Evapotranspiración de referencia
- ✓ Evapotranspiración estimada del cultivo
- ✓ Coeficientes de los cultivos

#### 3.5.2- ESTIMACIÓN DE LAS VARIABLES CONSIDERADAS EN LA INVESTIGACIÓN.

##### 3.5.2.1.- ESTRÉS HIDRÍCO

En la investigación se estimó el estrés hídrico que presentan las plantas mediante el método del termómetro de luz infrarrojo, tomando en cuenta la toma de datos diarios de la temperatura de las plantas que se desarrolló en el cultivo de pasto King Grass Morado, en donde nos referimos a la hoja del pasto manifestado anteriormente.

Se llevó el registro de temperaturas de finales de época seca (mes de noviembre) y principios de la época lluviosa (mes de diciembre) del año 2020, estimando así las necesidades hídricas y a su vez la temperatura de las plantas de antes y después del riego de forma diaria obteniendo como resultado los niveles de estrés que rigen en la plantación antes mencionada.

Considerando las diferentes programaciones de riego de los cultivos que fueron sometidos a investigación se observó el comportamiento de las plantas y de su temperatura realizando la respectiva toma de datos y se seleccionó la programación de riego adecuada que la planta necesita.

- ✓ En el proceso se seleccionó 16 plantas del pasto King Grass Morado con programaciones de riego de 100%, 80%, 60% y 40% de ETc con procesos de investigación entre la relación de agua suelo, planta clima donde se conoció las pérdidas que presentan los diferentes rangos de los riegos mencionados anteriormente.
- ✓ El proceso de recolección de datos se instauró en época de verano y principio de invierno para establecer dos frecuencias de toma de datos las cuales son antes y después del riego, siendo la primera de 10:00 am y finalizando 6:30 pm.
- ✓ Se estimó como referencia el ET de 100% donde se controló la temperatura de las plantas seleccionadas, para la respectiva toma de datos.
- ✓ Se realizó una diferencia entre la temperatura de las hojas de los ET de 40% ,60% 80% y 100%, tomando como referencia la temperatura ambiental donde se obtuvo una diferencia de datos respecto a la temperatura.



Figura 2: Estrategias para evitar el estrés hídrico en las plantas.

FUENTE: (Valladares, y otros, 2004)

### 3.5.2.2.- PROCEDIMIENTO PARA OBTENER LA TEMPERATURA DEL PASTO KING GRASS MORADO (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) MEDIANTE EL TERMÓMETRO DE LUZ INFRARROJA.

- ✓ El termómetro de luz infrarroja debe de mantener su sensor limpio, puesto que permite que los rayos infrarrojos lleguen al sensor. Este no debe de ser manipulado por el tacto ni soplar.

- ✓ El termómetro debe de mantenerse en temperatura ambiente, es recomendable que después de haber sacado el termómetro se espere unos minutos para hacer uso de este.
- ✓ Oprimir el percusor para encender el termómetro
- ✓ Apuntar el objeto que desea obtener la temperatura
- ✓ Obtenga la temperatura y apunte los resultados obtenidos

### 3.5.2.3.- EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA (ET<sub>0</sub>).

La Evapotranspiración de referencia, se determinó mediante el método indirecto: Penman Monteith modificado por el FAO.

#### 3.5.2.3.1. MÉTODO DE PENMAN MONTEITH MODIFICADO POR EL FAO (FAO, 2006)

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(R_n - G) + y \frac{900}{T + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + y(1 + 0.34U_2)}$$

Fórmula 1: Método de Penman Monteith modificada por la FAO.

#### Donde:

**ET<sub>0</sub>**= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

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

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

**T**= Promedio diario de la temperatura del aire medio a 2m de la altura °C

**U<sub>2</sub>**= Velocidad del viento medio a 2m de la altura (m/s-1)

**e<sub>a</sub>** = Presión de vapor actual (KPa)

**e<sub>s</sub>** = Presión de vapor aire saturado con agua (KPa)

**e<sub>s</sub> - e<sub>a</sub>** = Déficit de saturación de vapor de agua (KPa)

**Δ** = Bajada de la curva de presión de vapor en función de la temperatura del aire (K Pa/°C)

$y$  = Constante psicométrica (K Pa/°C)

### **Variables que integran un diseño agronómico para el riego.**

El diseño agronómico será diseñado para el cultivo del pasto King Grass morado, tomando en consideración el valor  $K_c$  y  $E_{tc}$  obtenidos de los lisímetros de drenaje.

### **Evapotranspiración del cultivo $E_{tc}$ (FAO, 2006).**

$$E_{tc} = K_c * E_{to}$$

Fórmula 2: Evapotranspiración del cultivo  $E_{tc}$ .

**Donde:**

$E_{tc}$  = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

$K_c$  = Coeficiente de los cultivos (adimensional)

$E_{to}$  = Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día)

### **Precipitación efectiva “ $P_e$ ”**

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

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

Fórmula 3: Precipitación efectiva.

**Donde:**

$P_e$  = Precipitación efectiva (mm)

$P$  = Precipitación (mm)

### **Balance Hídrico**

$$BH = E_{tc} - P_e$$

Fórmula 4: Balance Hídrico.

**Donde:**

$BH$  = Balance Hídrico (mm)

$E_{tc}$  = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

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

**Agua fácilmente disponible para el cultivo**

$$AFC = \frac{Cc - Pm}{100} * Da * Prec$$

Fórmula 5: Agua Fácilmente Disponible para el Cultivo.

**Donde:**

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

**Cc**= Capacidad Campo (%)

**Pm**= Punto de Matriz (%)

**Da**= Densidad Aparente

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

**Lamina Neta** (MANEJO N°14 : Diseño, n.d.).

$$Ln = AFD * FAC$$

Fórmula 6: Lámina Neta.

**Donde:**

**Ln**= Lamina Neta (mm)

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

**FAC**= Factor de Agotamiento

**Requerimiento de Lavado** (MANEJO N°14 : Diseño, n.d.).

$$RI = \frac{CEa}{5CEe - CEa}$$

Fórmula 7: Requerimiento de Lavado.

**Donde:**

**RI**= Requerimiento de Lavado

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

**CEe**= Conductividad eléctrica del extracto de saturación ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )

**Lámina Total** (*MANEJO N°14 : Diseño, n.d.*).

$$L_t = \frac{L_n}{E_a * (1 - RL)}$$

Fórmula 8: Lámina Neta.

**Donde:**

**L<sub>t</sub>**= Lamina Total (mm)

**L<sub>n</sub>**= Lamina Neta (mm)

**E<sub>a</sub>**= Eficiencia del sistema de riego utilizado

**RL**= Requerimiento del lavado

**Intervalo de Riego** (*MANEJO N°14 : Diseño, n.d.*).

$$I_r = \frac{L_n}{ETc \text{ diarios}}$$

Fórmula 9: Intervalo de Riego.

**Donde:**

**I<sub>r</sub>**= Intervalo de Riego (mm)

**L<sub>n</sub>**= Lamina Neta (mm)

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

**Lámina Neta Ajustada** (*MANEJO N°14 : Diseño, n.d.*).

$$L_n \text{ ajustada} = ETc \text{ diarios} * I_r \text{ ajustado}$$

Fórmula 10: Lámina Ajustada.

**Donde:**

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

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

**Ir ajustado**= Intervalo de Riego ajustados (días)

**Lamina Total Ajustada** (*ANEJO N°14 : Diseño, n.d.*).

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

Fórmula 11: Lámina Total Ajustada.

**Donde:**

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

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

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

**Rl**= Requerimiento del lavado

**Intensidad de Aplicación de Agua.**

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

Fórmula 12: Intensidad de Aplicación del Aspensor

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

**Qa**= Caudal del aspensor (l/h)

**Ea**= Espacio entre aspersores (m)

**El**= Espacio entre laterales (m)

**Tiempo de riego** (MANEJO N°14 : Diseño, n.d.).

$$\mathbf{Tr} = \frac{\mathbf{Lt\ ajustada}}{\mathbf{IAP\ emisor}}$$

Fórmula 13: Tiempo de Riego.

**Donde:**

**Tr**= Tiempo de riego

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

**AP emisor**= Aportación del emisor

### **3.6.3- Colocación de rótulos.**

Es necesario que exista la debida señalización de las diferentes programaciones de riego para identificarlas de manera correcta.

### **3.6.4- Establecimiento de las frecuencias de riego aplicado a las diferentes programaciones.**

Para la obtención de las frecuencias de riego se optó por regar cada día, esta información está relacionada con la investigación de Lady Basurto Andrade y de Marcelo Robles Mendieta.

### **3.6.5- Medición de volúmenes de agua de las diferentes programaciones de riego.**

Se rigió bajo la evapotranspiración de referencia de ETo del sitio Garrapata y del Kc del cultivo en sus diferentes etapas.

### **3.6.6- Toma de datos en el área experimental.**

El comportamiento de la planta junto a su rendimiento en biomasa seca y biomasa verde y los datos de temperatura que se obtuvieron por medio del termómetro de luz infrarrojo.

### **VARIABLES A EVALUAR.**

#### **Área foliar.**

Se determinó el área de las hojas obtenidas al separar los componentes morfológicos (tallos y hojas). Para ello se fotografiaron las hojas con la aplicación Petiole, en donde se selecciona de una las hojas y se procede a compartirla en tres pedazos iguales, seguidamente se colocó una

sección de la hoja sobre una superficie estable para utilizar el teléfono y mediante la aplicación se procedió a la toma de área de la hoja y a su vez de las secciones anteriores para obtener la suma del área foliar de las hojas. Para determinar el área foliar total se suma el área foliar obtenida de todas las hojas que conformar una planta.

$$AF = \text{suma del area que conforma una planta.}$$

Fórmula 14: Área Foliar

### **Método Tukey.**

Se determinó el uso los métodos Tukey para las comparaciones de medias individuales que provienen de un análisis de varianza, comparando cada uno de los tratamientos diferentes dirigido a igual número de muestras que disciernen si los resultados adquiridos son significativamente distintos o no.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

Las variables que se compararon fueron obtenidas de la diferencia de temperatura del cultivo y el aire circundante, para la obtención de estrés hídrico en el pasto King Grass Morado el cual constó con horario de medición de 10:00 am (antes de riego) a 6:30 pm (después de riego) en los meses de noviembre, diciembre, enero y febrero, obteniendo así los parámetros de diferencias térmicas de los tratamientos de Etc de 40%, 60%, 80% y 100% de las planta obtenidos a los 15, 30 y 45 días del experimento.

Para la variable de la primera fase etapa I (Antes de riego) del pasto King Grass Morado, el análisis de varianza para el estrés hídrico presentó la existencia de no ser significativamente diferentes entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ) por lo tanto los tratamientos son iguales entre sí. El efecto observado en los análisis de las tratamientos con los valores de estrés hídrico, se expresaron por medio de datos estadísticos de confianza con el coeficiente de variación reportado 10,89%.

El análisis de variabilidad para el estrés hídrico por diferencia de temperatura en la etapa II (Antes de riego) del pasto King Grass Morado, determinó la existencia de variación altamente significativa entre los tratamientos ( $P < 0,001$ ) y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error estableció tres rangos de igualdad estadísticos. El tratamiento lámina de riego al 60% de la ETc, prevalece con el mejor promedio con  $6,54^{\circ}\text{C}$ , siendo estadísticamente igual al tratamiento de la lámina de riego 40% de la ETc, mientras que en el promedio menor lo obtuvo el tratamiento lámina de riego al 100% ETc, con una diferencia térmica de  $3,83^{\circ}\text{C}$ . Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 11,48% ( $\text{CV} < 30\%$ ).

En el análisis de exposición de la variable de la etapa III (Antes de riego) en el pasto King Grass Morado para el estrés hídrico, determinó la variación altamente significativa entre los tratamientos ( $P < 0,0001$ ) y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error estableció dos rangos de igualdad estadísticos. El 60% de la ETc, prevalece con el mejor promedio con  $4,18^{\circ}\text{C}$ , siendo estadísticamente igual al tratamiento de la lámina de riego 40% de la ETc con  $3,80^{\circ}\text{C}$ , mientras que el promedio menor lo obtuvo el tratamiento lámina de riego al 100% ETc, con una diferencia térmica de  $2,17^{\circ}\text{C}$ . Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 13,66%. De los cuatro tratamientos utilizados el de mayor límite superior de estrés hídrico en el cultivo en lo toma de datos antes de riego lo obtuvo la lámina de 60%ETc con  $4,58^{\circ}\text{C}$ , mientras que para el límite inferior de nivel de estrés antes de riego lo obtuvo la lámina de 80%ETc con  $2,61^{\circ}\text{C}$ . Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 13,66% ( $\text{CV} < 30\%$ ).

Tabla 3: Etapas de desarrollo del cultivo (Antes del Riego).

Tratamientos	ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO (ANTES DEL RIEGO)					
	15	(NS)	30	(**)	45	(**)

T1 Lámina ETc 40%	2,62	A	5,38	AB	3,80	A
T2 Lámina ETc 60%	3,02	A	6,54	A	4,18	A
T3 Lámina ETc 80%	3,03	A	5,13	B	2,85	B
T4 Lámina ETc 100%	2,77	A	3,83	C	2,17	B
CV (%)	10,8 9		11,48		13,6 6	

NS: No significativo

\*: Significativo

\*\*: Altamente significativo.

Para la variable de la primera fase etapa I (Después de riego) del pasto King Grass Morado, el análisis de varianza para el estrés hídrico presentó la existencia de no ser significativamente diferentes entre los tratamientos ( $P < 0,05$ ) por lo tanto los tratamientos son iguales entre sí. Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 7,63%.

El análisis de variabilidad para el estrés hídrico por diferencia de temperatura en la etapa II (Después de riego) del pasto King Grass Morado, determinó la existencia de variación altamente significativa entre los tratamientos ( $P < 0,001$ ) y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error estableció dos rangos de igualdad estadísticos. El tratamiento lámina de riego al 100% de la ETc, prevalece con el mejor promedio con 2,71°C, siendo estadísticamente igual al tratamiento de la lámina de riego 40% de la ETc y la 80% de la ETc, mientras que en el promedio menor lo obtuvo el tratamiento lámina de riego al 60% ETc, con una diferencia térmica de 2,02°C. Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 8,03% ( $CV < 30\%$ ).

En el análisis de exposición de la variable de la etapa III (Después de riego) en el pasto King Grass Morado para el estrés hídrico, determinó la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error estableció tres rangos de igualdad estadísticos. En el grupo A 40% de la ETc con 4,08°C, en el grupo B la lámina de riego 100% de la ETc con 3,38°C, mientras que en el grupo C el tratamiento lámina de riego al 60% ETc, con una diferencia térmica de 2,83°C y perteneciendo

a los rangos B y C la lámina de 80% ETc con 2,93 °C. Los análisis estadísticos efectuados revelan que los datos tienen la confianza de acuerdo al coeficiente de variación reportado 7,45%.

Tabla 4: Etapas de desarrollo del cultivo (Después del Riego).

Tratamientos	ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO (DESPUÉS DEL RIEGO)					
	15	(NS)	30	(**)	45	(**)
T1 Lámina ETc 40%	2,38	A	4,08	A	2,53	A
T2 Lámina ETc 60%	2,59	A	2,83	C	2,02	B
T3 Lámina ETc 80%	2,54	A	2,93	BC	2,37	AB
T4 Lámina ETc 100%	2,38	A	3,38	B	2,71	A
CV (%)	7,63		7,45		8,03	

NS: No significativo

\*: Significativo

\*\* : Altamente significativo.

Es necesario discutir algunos asuntos de importancia acerca de lo que se demostró en el ensayo del pasto King Grass morado en cada una de sus etapas presentaron variados cambios de diferencias significativas, no significativas o altamente significativas, ya que unas plantas iban creciendo con total normalidad y otras en cambio se observó la fragilidad en sus hojas y unas pocas con alteraciones en sus tallos y hojas observándose que en esta clase de híbrido se constató una baja probabilidad de estrés hídrico presente en las plantas pese a sus constantes cuidados y riego diario.

Se constató con la relación de temperaturas como la ambiental (Ta) y la temperatura del cultivo (Tc), en donde el resultado oscila entre 1 a 4°C el estrés hídrico es 0, manifestación que coincide con lo presentado por (Jackson, Idso, Reginato, & Pinter, 1981), manifestando que, cuando un cultivo presenta estrés hídrico, los estomas se cierran y la transpiración decrece por lo que la temperatura de la hoja se incrementa. Cuando una planta transpira completamente, no hay estrés hídrico y la temperatura de la hoja oscila de 1 a 4 °C menos que la temperatura

ambiental; en este caso el estrés hídrico del cultivo (EHC) es cero. Cuando la transpiración decrece, la temperatura de la hoja asciende y puede alcanzar de 4 a 6 °C más que la temperatura del aire. En este caso, el déficit hídrico es alto, y la transpiración de las hojas se ve drásticamente reducida con el incremento de la temperatura foliar; cuando la planta está muerta o no transpira en mucho tiempo el IEHC es uno.

El estrés hídrico es el primer factor a considerar sospechoso para la existencia de una mayor variabilidad entre la diferencia de temperatura del cultivo y ambiente, frente al déficit de presión de vapor (DPV) pero de la misma manera hay que tomar en cuenta otros factores como la deficiencia de nutrientes, plagas o problemas en el suelo. Otros factores donde se toma en cuenta, las mediciones con termómetros infrarrojos el cual son confiables y no invasivo con la desventaja que se toman de unos pocos puntos y la uniformidad de la humedad del suelo para largas áreas puede no ser uniforme (Cohen, Alchanatis, Meron, Saranga, & Tsipris, 2005).

(AlFaraj, Meyer, & Horst, 2001) manifestó, la toma de datos del estrés hídrico y las líneas base con el aumento de la tensión de humedad del suelo en el pasto *Festuca arundinacea* Schreb, se midieron continuamente con termómetros infrarrojos las temperaturas del dosel del pasto, junto con la evapotranspiración del cultivo, medido con minilísimetros electrónicos. Concluyeron que la diferencia de la temperatura del cultivo-aire ( $T_c - T_a$ ) aumentó con la disminución del contenido de humedad del suelo. La  $T_c - T_a$  aumentó cuando la radiación neta fue mayor, independiente de la tensión de humedad del suelo. La temperatura del dosel de plantas bien regadas disminuyó el índice en 2.4 °C por cada disminución de 1 kPa del DPV para todos los niveles de la radiación neta. Por cada aumento de 100 W m<sup>-2</sup> de la radiación neta, la temperatura del dosel de las plantas bien regadas se incrementó en un índice de 0.6 °C y mostró alta correlación (línea base sin estrés) con el DPV. El incremento de la temperatura del dosel junto con la disminución de la tasa de la transpiración fueron los signos del incremento del estrés hídrico.

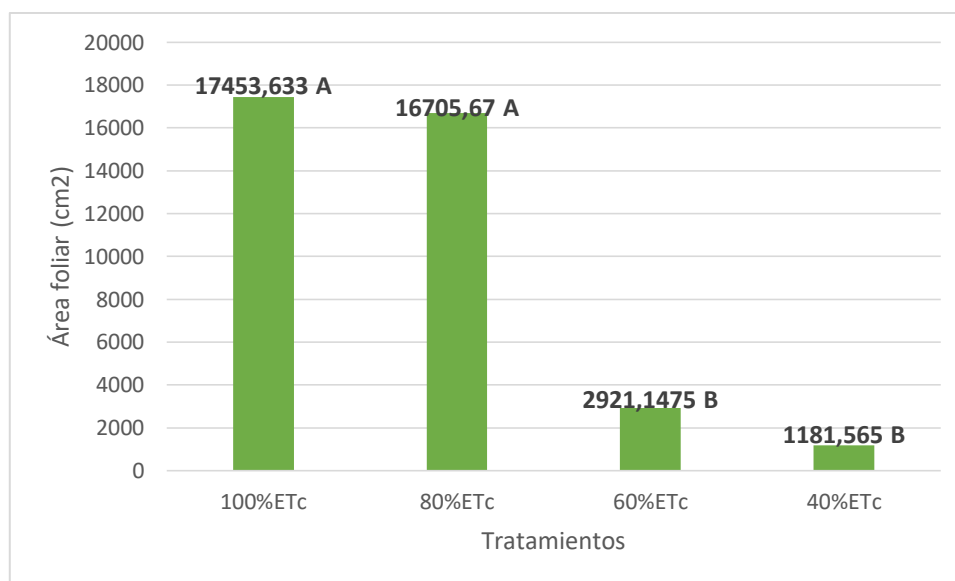
La programación de riego que muestra en la tabla N° 5 son valores logrados en la investigación en donde se planteó el esquema agronómico para emplear regadío por aspersión para el pasto King Grass morado en la época de verano. Para elaborar dicha programación de riego es importante conocer los diferentes parámetros hídricos físicos del suelo en el lugar de estudio, entre los más considerables encontramos: la capacidad de campo, densidad aparente y punto de marchitez.



		1,19	3,20	70,7	21,2	0,0	30,1	11,11	13,5	19,2		5,09
NOVIEMB RE	2,73	1,19	3,25	2	2	6	0	9,40	16,0	22,7	3,79	6,01
		1,53	4,18					9,26	16,2	23,1		6,10
								7,21	20,8	29,7		7,84
									8	0		

Para la variable área foliar como se muestra en la figura N°4, el análisis de varianza determinó la existencia de variación altamente significativa entre los tratamientos ( $P < 0,01$ ) y la prueba de Tukey al 5% de probabilidad de error estableció dos rangos de igualdad estadísticos. El tratamiento lámina de riego al 100% de la ETc, prevalece con el mejor promedio con 17453,633 cm<sup>2</sup>, siendo estadísticamente igual al tratamiento lámina de riego al 80% de la ETc, mientras que el promedio menor lo consiguió el tratamiento lámina de riego al 40% de la ETc (T1), con una altura por planta de 1181,565 cm<sup>2</sup>. El coeficiente de variación reportado en esta variable es 12,05%.

Figura 3: Área foliar en cm<sup>2</sup> del pasto King Grass Morado.



Para elaborar la hipótesis de investigación de la programación de riego es importante conocer la interrelación mutua entre agua, suelo, planta, clima con los diferentes parámetros hídricos físicos presentes en el suelo. Así, poder comprender la composición que tiene el agua una vez

que el balance hídrico a nivel del suelo resiste considerable influencia de los cambios en la cobertura vegetal, estos mismos cambios en la vegetación pueden, a su vez, indicar indirectamente el estado hídrico del suelo.

Para que exista una máxima eficacia y rendimiento del agua es necesario conocer los estándares a las interrogantes de cómo, cuánto y cuándo regar.

Según (Sherwood, 1982), el Índice de Estrés Hídrico (CWSI) no es apropiado para regiones húmedas, debido a que en estas condiciones, generalmente no se presentan condiciones de sequía. Sin embargo, en climas cálidos húmedo, como el sureste de México, se presentan de tres a cuatro meses con períodos de sequías, principalmente en el ciclo otoño invierno, período donde la cantidad de radiación solar es mayor y los cultivos agrícolas requieren el agua de riego para satisfacer sus necesidades hídricas.

Esta manifestación empleada por dicho autor puede no ser válida puesto que en el ensayo se pudieron presenciar las primeras etapas de invierno en donde se dieron niveles de estrés presentados en la ETc de 40% ocasionando déficit hídrico en el suelo y por ende se eliminó una de las plantas de investigación de la ETc mencionada anteriormente.

Según lo manifestado por (Steduto, Hsiao, Fereres, & Raes, 2012), el componente de cultivo en el modelo incluye los siguientes subcomponentes: fenología, cobertura del dosel, profundidad de raíces, transpiración del cultivo, evaporación del suelo, producción de biomasa y rendimiento cosechable. El cultivo crece y se desarrolla durante su ciclo de crecimiento, en el cual amplía su dosel y profundiza su sistema radicular, transpira agua y acumula biomasa, al tiempo que avanza por sus etapas fenológicas. El índice de cosecha (HI) modifica el porcentaje de biomasa que será aprovechable. En su lugar, el ritmo de profundización de las raíces se desacelera mediante una función empírica, una vez que el estrés se convierte lo suficientemente severo para iniciar un cierre estomático parcial.

Esto demuestra que dicha manifestación se basa con los resultados expuestos durante el proceso de crecimiento del pasto con sus diferentes intervalos de láminas de riego, en el tratamiento de la ETc de 100% se observó mayor rendimiento de producción de tallos lo que significó beneficioso para la producción de hojas, incrementando la cantidad de área foliar que fue debido al nivel de estrés que las plantas presentaron.

## 6. CONCLUSIONES.

La cantidad de agua aplicada en la programación de riego se basa en los métodos del estado de balance hídrico de la planta y de la eficiencia del control de sistema de riego aplicados a los diferentes volúmenes de agua presentados en el estudio mostraron una aportación confiable en los resultados de los niveles de estrés, siendo el tratamiento 100% de la evapotranspiración del cultivo (ETc) la que no presentó estrés hídrico en todo el ciclo del cultivo.

Las programaciones de riego que se diseñan considerando la relación agua suelo planta clima tienen los mejores resultados, aun mas cuando se supervisa con termómetros infrarrojos antes y después de la aplicación del riego

Los rendimientos del área foliar del pasto King Grass Morado se estimaron en el potencial del suelo en su profundidad y en la calidad agua, que comprende con el resultado mayoritario del volumen de agua de riego de 100% ETc deduciendo así que los lineamientos del estrés hídrico acrecientan cuando se reduce el contenido de humedad.

Para priorizar el análisis con respuestas contundentes es necesario que se instauren más de tres muestras de especímenes de plantas, puesto que se presentan muchos parámetros físicos, biológicos, genéticos y ambientales de las plantas que en este caso se plantean para una investigación.

## BIBLIOGRAFÍA

- AlFaraj, A., Meyer, E., & Horst, L. (Abril de 2001). *Elsevier B.V.* Obtenido de [scihub.wikicn.top/10.1016/s0168-1699\(00\)00182](http://scihub.wikicn.top/10.1016/s0168-1699(00)00182)
- Allen, R. (2006). *ESTUDIO FAO RIEGO Y DRENAJE*. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-x0490s.pdf>
- Carrasco, J. (4 de Marzo de 2019). *E -PRINTS COMPLUTENSE*. Obtenido de E -PRINTS COMPLUTENSE WEB SITE: <https://eprints.ucm.es/51331/1/JIMENA%20CARRASCO%20SANCHEZ.pdf>
- Cohen, Y., Alchanatis, V., Meron, M., Saranga, Y., & Tsipris, J. (24 de Marzo de 2005). Estimation of leaf water potential by thermal imagery and spatial analysis. *Published by Oxford University*. Obtenido de Institute of Agricultural Engineering, Agricultural Research Organization: [scihub.wikicn.top/10.1093/jxb/eri174](http://scihub.wikicn.top/10.1093/jxb/eri174)
- Delgado, M., Chipana, R., Mena, C., Quino, J., Tallacagua, R., & Gutiérrez, S. (4 de Mayo de 2017). *SCielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182017000100003&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182017000100003&script=sci_arttext)
- Duarte, C., Zamora, E., & León, M. (Oct- Dic de 2012). *SCielo*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2071-00542012000400007](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542012000400007)
- Gonzalez, D., Bryant, R., & Moran, S. (20- 24 de Junio de 2000). Obtenido de <https://www.tucson.ars.ag.gov/unit/publications/PDFfiles/1416.pdf>
- Jackson, R., Idso, S., Reginato, R., & Pinter, P. (12 de Marzo de 1981). *American Geophysical Union*. Obtenido de <https://doi.org/10.1029/WR017i004p01133>
- Moratiel, R. (2017). *Riego en Cultivos: fundamentos y manejo*. España: Mundi- Prensa.
- Moreno, P. (2 de Julio de 2009). *Scielo*. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
- Orduz, J., & Fischer, G. (1 de Octubre de 2007). *REDALYC*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=180320296007>
- Rivas, R., & Dora, O. ( 18 a 20 de Noviembre de 2009 ). *CIC*. Obtenido de Comisión de Investigaciones Científicas de Buenos Aires : [https://www.researchgate.net/profile/Dora\\_Ocampo/publication/266226265\\_COMPORTAMIENTO\\_DEL\\_BALANCE\\_DE\\_ENERGIA\\_EN\\_UN\\_CULTIVO\\_DE\\_Avena\\_sativa\\_L/links/54d8c71b0cf2970e4e79049d.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Dora_Ocampo/publication/266226265_COMPORTAMIENTO_DEL_BALANCE_DE_ENERGIA_EN_UN_CULTIVO_DE_Avena_sativa_L/links/54d8c71b0cf2970e4e79049d.pdf)
- Rutilio, L., Arteaga, R., Vazqu ez, M., López, I., & Sánchez, I. (1 de Marzo de 2009). *SCielo*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172009000100010&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0568-25172009000100010&script=sci_arttext&tlng=pt)

- Salazar, M. (2016). *Aprovechamiento de recursos y manejo de suelo ecológico*. Ic Editorial.
- Sherwood, I. (Noviembre de 1982). *Elsevier Ltd*. Obtenido de [https://doi.org/10.1016/0002-1571\(82\)90020-6](https://doi.org/10.1016/0002-1571(82)90020-6)
- Soler, J., & Fuentes, I. (2008). *Simposio Iberoamericano*. Obtenido de <http://www.sech.info/ACTAS/Acta%20n%C2%BA%2052.%20IV%20Jornadas%20Ib%C3%A9ricas%20de%20Horticultura%20Ornamental/Comunicaciones/Medida%20de%20la%20temperatura%20del%20c%C3%A9sped%20mediante%20termometr%C3%ADa%20infrarroja%20como%20indicador%20del%20estado>
- Steduto, P., Hsiao, T., Fereres, E., & Raes, D. (2012). Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/a-i2800s.pdf>
- Valladares, F., Vilagrosa, E., Peñuelas, J., Ogaya, R., Camarero, J., Corcuera, L., . . . Gil, E. (2004). *Amazonas WS*. Obtenido de [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40129502/Estrs\\_hidrico\\_ecofisiologia\\_y\\_escalas\\_de\\_120151118-30238-1gyaowb.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEstres\\_hidrico\\_ecofisiologia\\_y\\_escalas\\_d.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/40129502/Estrs_hidrico_ecofisiologia_y_escalas_de_120151118-30238-1gyaowb.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DEstres_hidrico_ecofisiologia_y_escalas_d.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X)

## 7. ANEXOS

### ANEXO N°1: Rúbrica para la evaluación del plan de investigación.

NOMBRE DEL ESTUDIANTE:			
CARRERA:			
TÍTULO DEL PROYECTO:			
Marque X en la columna que corresponda a su respuesta Sí, No y P/Parcialmente			
TEMA	Sí	No	P/
1. ¿El tema se ubica en el contexto de la carrera?			
2. ¿Es factible de ser realizado?			
3. ¿El título del proyecto es claro y concreto?			
ANTECEDENTES Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA			
4. ¿Los antecedentes se relaciona con el tema?			
5. La pregunta general de investigación ¿está bien planteada?			
6. ¿Se citan las fuentes de las afirmaciones y de los datos?			
7. ¿El tema está ubicado en el contexto y en el lugar concreto?			
OBJETIVOS			
8. ¿Son claros y bien planteados?			
9. ¿Se relacionan con el problema propuesto?			
METODOLOGÍA			
10. ¿Es apropiada y explícita la metodología propuesta?			
11. ¿Puede realizarse la investigación en el tiempo propuesto?			
12. ¿Las técnicas de recolección de información son apropiadas?			
TABLA DE CONTENIDOS			
13. ¿El contenido tiene relación directa con el tema de investigación?			
14. ¿La organización de la secuencia es coherente?			
BIBLIOGRAFÍA			
15. ¿La bibliografía preliminar es suficiente?			
16. ¿Las fuentes propuestas se relacionan con el tema?			
SUBTOTALES			

La nota asignada es el resultado del número de  $(\#S \times 2) + (\#P) + 3$

Nota asignada al plan de investigación: ..... Sobre 35%

Se recomienda realizar los siguientes ajustes al plan de investigación:	
Ciudad:	Fecha:
Nombre y Apellido del docente:	
Firma	

Certifico que el presente documento fue analizado y aprobado por los miembros del Consejo Directivo en sesión del día viernes 7 de octubre del 2019, mediante **RESOLUCIÓN 035-C.D.07-10-2019**.

Lo certifico.

Abg. Domingo Vera Barberán  
Secretario General



**ANEXO N°2: Etapas de desarrollo del cultivo con sus respectivas láminas de riego (antes del Riego).**

Tratamientos	ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO (ANTES DEL RIEGO)					
	15	(NS)	30	(**)	45	(**)
T1 Lámina ETc 40%	2,62	A	5,3 8	AB	3,80	A
T2 Lámina ETc 60%	3,02	A	6,5 4	A	4,18	A
T3 Lámina ETc 80%	3,03	A	5,1 3	B	2,85	B
T4 Lámina ETc 100%	2,77	A	3,8 3	C	2,17	B
CV (%)	10,89		11, 48		13,6 6	

**ANEXO N°3: ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO CON SUS RESPECTIVAS LÁMINAS DE RIEGO (DESPUÉS DEL RIEGO).**

Tratamientos	ETAPAS DE DESARROLLO DEL CULTIVO (DESPUÉS DEL RIEGO)					
	15	(NS)	30	(**)	45	(**)
T1 Lámina ETc 40%	2,3 8	A	4,08	A	2,53	A
T2 Lámina ETc 60%	2,5 9	A	2,83	C	2,02	B
T3 Lámina ETc 80%	2,5 4	A	2,93	BC	2,37	AB
T4 Lámina ETc 100%	2,3 8	A	3,38	B	2,71	A
CV (%)	7,6 3		7,45		8,03	

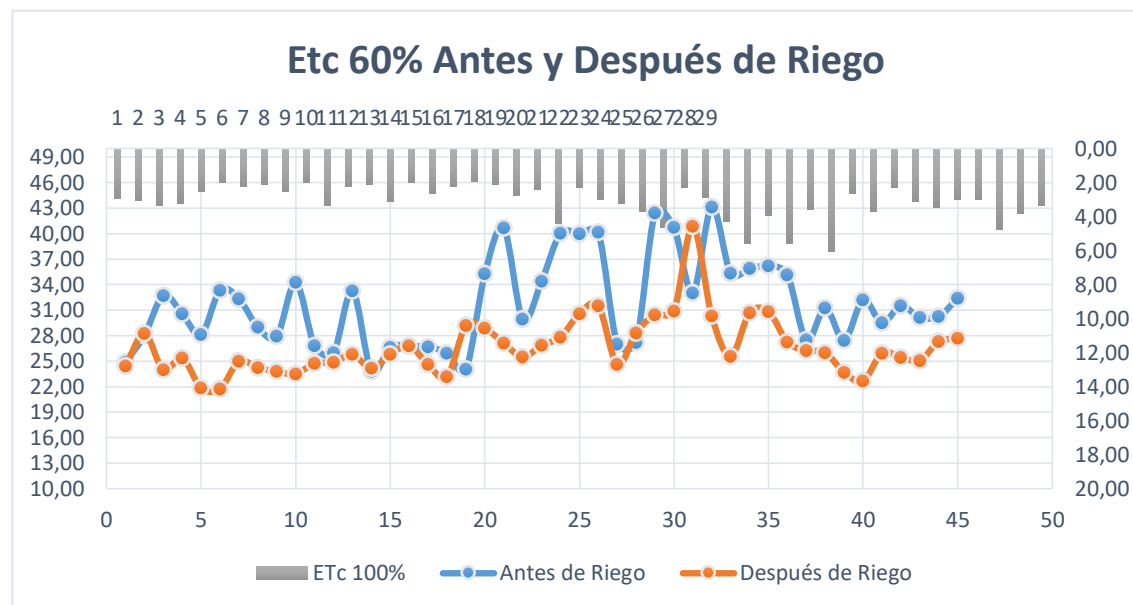
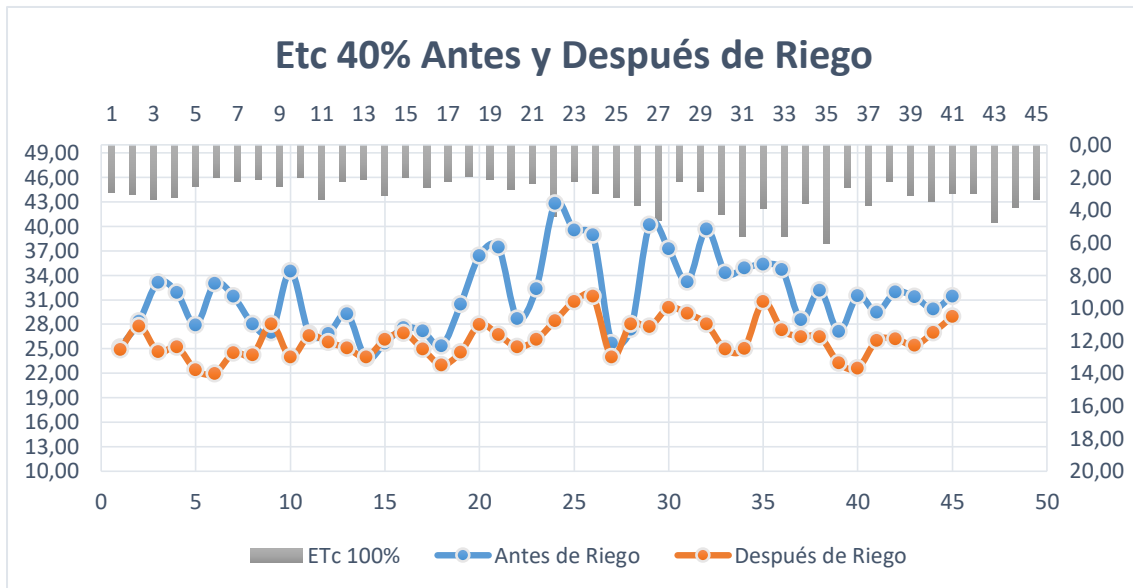
**ANEXO N°4: Valores de cada planta obtenidos en el campo del área foliar de los diferentes tratamientos de volumen de agua.**

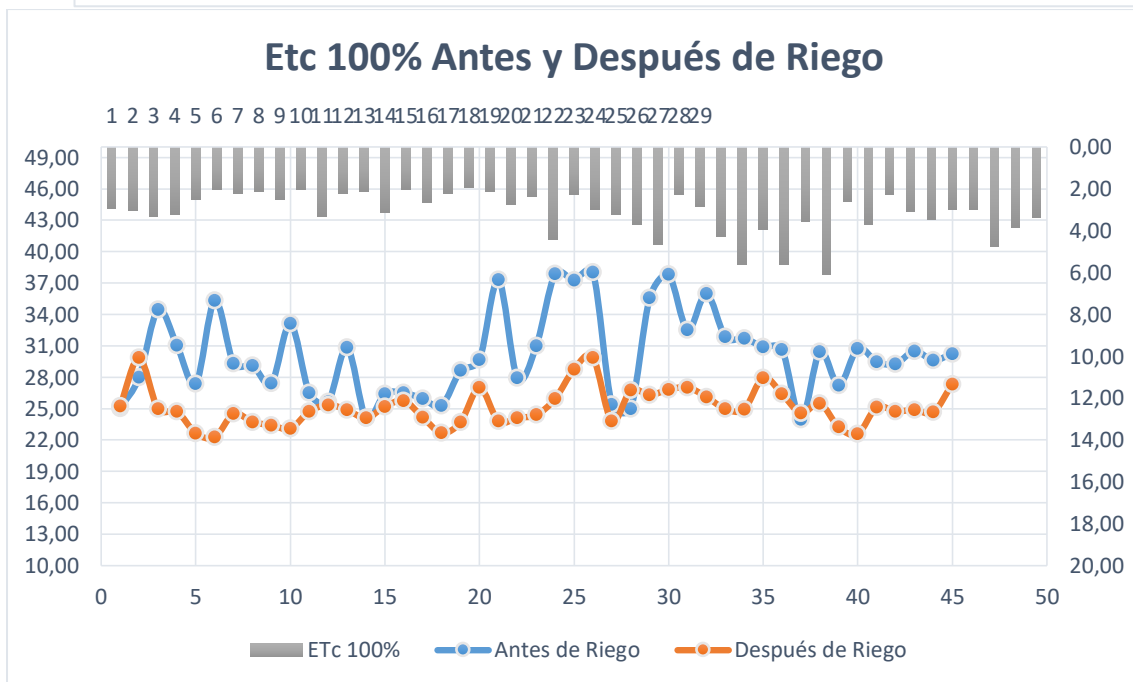
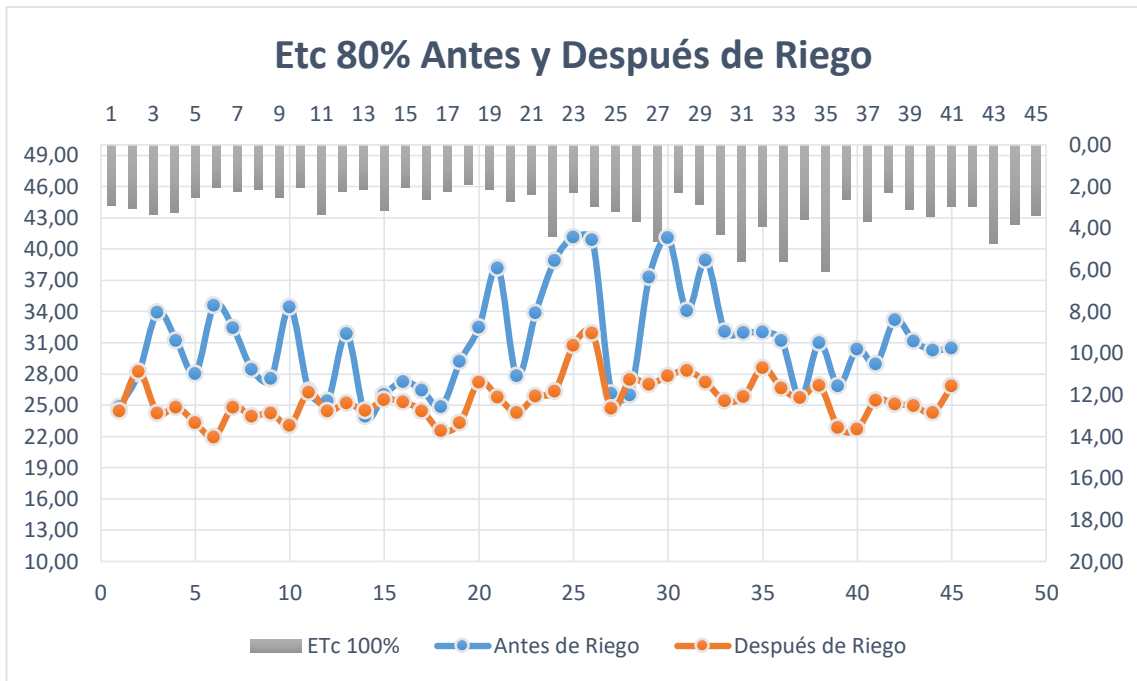
	<b>TRATAMIENTOS</b>			
<b>REPLICAS</b>	<b>100% ETc</b>	<b>80% ETc</b>	<b>60% ETc</b>	<b>40% ETc</b>
1	16890,09	14168,14	2960,43	1200
2	17320,11	16324,19	3361,6	1046,5
3	16984,16	17110,2	2136,9	1379,76
4	18620,17	19220,15	3225,66	1100
<b>Promedio</b>	17453,633	16705,67	2921,148	1181,57

**ANEXO N°5: Lámina de presentación de temperaturas de las etapas tomando como referencia la ETo de 100% (ver Anexo N°6).**

Día	Etc 40%			Etc 60%			Etc 80%		Etc 100%	
	Antes de Riego	Después de Riego	Etc 100%	Antes de Riego	Después de Riego	Antes de Riego	Después de Riego	Antes de Riego	Después de Riego	
1	25,18	24,88	2,93	24,88	24,43	24,88	24,43	25,03	25,25	
2	28,33	27,78	3,03	28,03	28,23	28,03	28,23	28,00	29,85	
3	33,15	24,60	3,33	32,73	23,98	33,90	24,25	34,45	24,98	
4	31,88	25,20	3,23	30,55	25,35	31,23	24,83	31,05	24,73	
5	27,90	22,38	2,53	28,10	21,85	28,05	23,33	27,38	22,65	
6	33,00	21,98	2,02	33,35	21,75	34,58	21,93	35,33	22,28	
7	31,40	24,48	2,22	32,33	24,98	32,45	24,83	29,33	24,50	
8	28,05	24,23	2,12	28,98	24,23	28,43	23,95	29,13	23,73	
9	26,98	28,00	2,53	27,93	23,78	27,55	24,25	27,43	23,40	
10	34,53	24,00	2,02	34,25	23,50	34,45	23,08	33,13	23,10	
11	26,83	26,60	3,33	26,80	24,75	26,40	26,23	26,53	24,73	
12	26,85	25,78	2,22	26,00	24,85	25,43	24,43	25,65	25,35	
13	29,28	25,08	2,12	33,28	25,78	31,85	25,23	30,83	24,88	
14	23,83	24,00	3,13	23,83	24,15	23,93	24,48	24,10	24,10	
15	25,70	26,10	2,02	26,65	25,78	26,03	25,53	26,43	25,20	
16	27,55	26,93	2,63	26,78	26,80	27,28	25,30	26,50	25,75	
17	27,15	24,95	2,22	26,68	24,60	26,43	24,45	25,95	24,18	
18	25,35	23,03	1,92	25,93	23,15	24,85	22,53	25,30	22,68	
19	30,43	24,58	2,12	24,03	29,20	29,20	23,33	28,63	23,73	
20	36,43	27,95	2,73	35,25	28,85	32,48	27,23	29,68	27,00	
21	37,48	26,73	2,38	40,65	27,13	38,18	25,78	37,30	23,80	
22	28,68	25,23	4,40	29,95	25,48	27,83	24,30	27,95	24,13	
23	32,38	26,13	2,26	34,38	26,88	33,88	25,88	30,98	24,40	
24	42,83	28,45	2,98	40,05	27,83	38,90	26,33	37,88	25,95	
25	39,58	30,78	3,21	39,98	30,58	41,15	30,75	37,25	28,75	
26	38,93	31,40	3,69	40,15	31,53	40,90	31,90	38,05	29,88	
27	25,65	23,95	4,64	27,00	24,60	26,15	24,70	25,38	23,80	
28	27,35	28,05	2,26	27,18	28,33	25,98	27,45	24,98	26,75	
29	40,23	27,73	2,86	42,45	30,48	37,30	27,03	35,58	26,30	
30	37,28	30,03	4,28	40,73	30,90	41,08	27,83	37,80	26,83	
31	33,23	29,33	5,59	33,03	40,85	34,05	28,33	32,53	27,03	
32	39,65	28,05	3,93	43,15	30,30	38,95	27,20	36,00	26,13	
33	34,33	24,93	5,59	35,33	25,55	32,08	25,43	31,85	24,98	
34	34,88	25,03	3,57	35,88	30,73	31,98	25,83	31,73	24,95	
35	35,38	30,75	6,07	36,23	30,83	32,00	28,60	30,90	27,95	
36	34,70	27,33	2,62	35,15	27,25	31,23	26,63	30,63	26,40	
37	28,53	26,48	3,69	27,48	26,25	25,65	25,70	23,95	24,58	
38	32,18	26,48	2,26	31,25	26,00	31,03	26,90	30,45	25,50	
39	27,10	23,25	3,09	27,45	23,68	26,88	22,88	27,23	23,23	
40	31,50	22,63	3,45	32,20	22,65	30,38	22,73	30,75	22,58	
41	29,50	26,00	2,98	29,50	25,95	28,98	25,49	29,48	25,13	
42	31,95	26,20	2,98	31,50	25,45	33,20	25,10	29,28	24,75	
43	31,38	25,43	4,74	30,15	25,08	31,15	24,95	30,50	24,88	
44	29,88	27,00	3,83	30,25	27,30	30,30	24,28	29,63	24,68	
45	31,45	28,95	3,37	32,40	27,68	30,50	26,83	30,25	27,35	

**ANEXO N°6: Presentación de temperaturas de las etapas tomando como referencia la ETo de 100%.**





**ANEXO N°7: Programación de riego del experimento del Pasto King Grass Morado.**

MESES	ET <sub>o</sub>	K <sub>c</sub>	Etc (mm/día)	P(mm)	Pe (mm)		RAD (mm)	LN (mm)	RL	LT (mm)
					MES	DÍA				
OCTUBRE	2.69	1.01	2.71	-	-	-	70.72	21.22	0.06	30.10
		1.19	3.20							
NOVIEMBRE	2.73	1.19	3.25	-	-	-	70.72	21.22	0.06	30.10
		1.53	4.18							
NN (mm/día)		FR (días)	LN Ajustada (mm)	LT Ajustada (mm)	Iap (mm/hora)	Tr (horas)				
	SE REIGA O NO SE RIEGA									
2.71	SE RIEGA	11.11	13.54	19.26	3.79	5.09				
3.20		9.40	16.01	22.76		6.01				
3.25	SE RIEGA	9.26	16.24	23.10		6.10				
4.18		7.21	20.88	29.70		7.84				

**ANEXO N°8: Plantación de Pasto King Grass Morado en la Finca del Campus “Chone  
“de la Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.**



**ANEXO N°9: Crecimiento de cultivo primera etapa I de Noviembre con sus respectivos ETC.**



**ANEXO N°10: Toma de datos de temperatura con el termómetro de luz infrarrojo (Antes de Riego) e irrigación del cultivo.**



**ANEXO N°11: Planta n°4 de la 40% ETc que se eliminó de la investigación porque su desarrollo no fue el adecuado.**



**ANEXO N°12: presencia de estrés hídrico en el Pasto King Grass Morado de ETc 40% Y ETc 60%.**



**ANEXO N°13: Plantación del Pasto King Grass Morado en la etapa III de ETc 40% Y ETc 60%.**



**ANEXO N°14: Plantación del Pasto King Grass Morado en la etapa III de ETc 80% Y ETc 100%.**



**ANEXO N°15: Corte final conteo de biomasa viva y seca Pasto King Grass Morado.**

