



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE MANABÍ
CARRERA DE HIDRÁULICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN:
ESTIMACIÓN DE LA EFICIENCIA HÍDRICA DEL PASTO KING GRASS
MORADO (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) UTILIZANDO
DOS VOLUMENES DE AGUA POR DEBAJO DE LA
EVAPOTRASPIRACIÓN DEL CULTIVO**

**PREVIO AL TÍTULO DE:
INGENIERO/A HIDRÁULICA**

**AUTOR/A:
BASURTO ANDRADE LADY STEFANIA**

**DIRECTOR/A DEL TRABAJO DE TITULACIÓN:
ING. JESÚS ENRIQUE CHAVARRÍA PÁRRAGA. M.Sc.**

ENERO 2020

CHONE– MANABÍ – ECUADOR

Certificación

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga, M.Sc.

Tutor del plan de investigación curricular

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

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga. M.Sc.

C.I.130827219-2

Acta de aprobación del tribunal

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

(F) _____

Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga. M.Sc.

Primer Lector

(F) _____

Ing. Fabián Rodrigo Espinales Cedeño

Segundo Lector

(F) _____

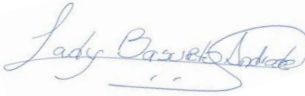
Ing. Micheal David Caicedo Toro

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.

Autora



F. _____

Basurto Andrade Lady Stefania

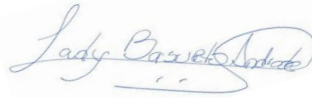
Dirección: Calle 10 de Agosto. Barrió Tacheve

E-mail: he-472@puce.edu.ec

Celular: 0939091388

Declaración de Derecho 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.

Autora:**F.**

Basurto Andrade Lady Stefania
C.I.1312530676

Dedicatoria

Dedico a Dios con todo mi amor, por ayudarme a terminar mi proyecto, muchas gracias por guiarme en cada paso que he dado, darme la fuerza suficiente de llegar al triunfo alcanzado y hacer mi sueño realidad.

A mi familia, por brindarme el apoyo para seguir en este proceso y poderlo culminar, por brindarme la confianza, la motivación y por creer en mí.

A mis docentes, quienes compartieron sus conocimientos conmigo, a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi hija Camila, mi motivación principal, mi compañera, mi luz en la oscuridad, mi amor puro, gracias por ir conmigo cada día de la mano, te amo y soy feliz de tenerte mi pequeña

Agradecimiento

Quiero agradecer primero a Dios, por permitirme llegar donde estoy el día de hoy.

A mi hija Camila, que es la personita más importante para mí, me motiva a seguir día a día y ser mejor persona, es mi mayor inspiración para seguir alcanzado mis metas y propósitos.

A mis padres, sin ellos no podría haber continuado, su apoyo constante siempre ha sido incondicional. A Eduardito mi sobrino quien llena junto a mi hija Camila mi corazón de amor y alegría. La Sra. Kassandry, Don Gualberto y la Sra. Genith, personas muy valiosas que me han motivado y ayudado a seguir con este proceso de mi vida, aportando de manera positiva con sus consejos cada vez que quería desvanecerme.

A mis hermanas Karen y Karina, por todos sus consejos, apoyo incondicional, por darme motivación diaria para ser mejor y no amilanarme a pesar de las adversidades.

Finalmente, pero de manera especial, a mi familia. Por su inagotable ilusión para que hiciese y, sobre todo, acabase esta Tesis; por comprender tanto las ausencias como las presencias tormentosas; por hacerme la vida más sencilla. Hoy, estoy cumpliendo una meta más junto a ustedes.

A mi tutor el Ing. Jesús Enrique Chavarría Párraga. M.Sc, por la guía, contribuir en todo este proceso, por su perseverancia en cada explicación para elaborar un buen trabajo de tesis y por su hermosa amistad.

A todos muchas Gracias, los llevare presente con mucho cariño.

Lady Stefanía Basurto Andrade

Resumen

Este estudio cuantitativo evaluó la humedad del suelo mediante el tensiómetro, en el pasto *King Grass* Morado (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), considerando lo esencial del agua y su preservación para la agricultura y la vida. Así, esta investigación se realizó en la finca de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Manabí, Campus Chone, durante 45 días entre enero y febrero de 2020. La recolección de datos comenzó seleccionando 18 plantas; nueve mantuvieron láminas de agua al 60% de evapotranspiración del cultivo (ETc) (mm/día), y nueve mantuvieron láminas de agua al 40% ETc siendo regadas diariamente. Las variables estudiadas fueron altura de la planta, número de tallos por macollo, número de hojas por tallo, rendimiento de materia Verde, rendimiento de materia Seca, relación hoja/tallo, y área foliar. Los resultados muestran que los volúmenes de agua sí intervienen en la producción de materia seca; por ello el tratamiento de 40% ETc con mínimas láminas de agua aplicadas, logra que las plantas produzcan 39,86% más materia seca y menos área foliar. El tratamiento de 60% ETc con mayor volumen de agua responde mejor a la altura de la planta con 66,50 cm y rendimiento de $1,164 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. En conclusión, el tratamiento con riegos de 60% ETc es mejor y más eficaz para la producción porque logra mayor porcentaje en materia verde, área foliar y eficiencia del agua, alcanzando características más cercanas a las necesidades reales del cultivo.

Palabras clave: agua, *King Grass* Morado, eficiencia hídrica, materia seca, láminas de agua

Abstract

This quantitative research study assessed soil moisture in grass Purple King Grass (*Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides*), through a tensiometer, regarding the importance of water, as well as its preservation for agriculture and life. In view of this, this research was carried out on the farm at Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí, Chone Campus, over a forty-five day period from January through February 2020. Data collection began by selecting 18 sample plants; nine ones used levels of water application with 60% of crop evapotranspiration (ETc) (mm/day), and nine used water application levels with 40% of ETc, being watered daily. The variables being studied were plant height, number of stems per bunch, number of leaves per stem, green matter yield, dry matter yield, leaf /stem ratio, and leaf area. The findings show that water volume does affect dry matter production, which is the reason why, the irrigation treatment with 40% of ETc and minimum water application levels, gets these plants to produce 39.86% more dry matter and lower leaf area. The irrigation treatment with 60% of ETc responds better to the height of the plant with 66.50 cm, yield of $1.164 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ owing to the influence of water volume. In conclusion, the irrigation treatment with 60% of ETc is better and more effective because achieves higher percentage in green matter, leaf area and water efficiency, presenting characteristics closest to the real needs of this crop.

Keywords: water, Purple King Grass, water efficiency, dry matter, water application levels

Tabla de contenido

Certificación.....	ii
Acta de aprobación del tribunal	iii
Declaración de Originalidad	iv
Declaración de Derecho de Autor.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice De Imágenes.....	xii
Índice De Tablas	xiii
Introducción	1
Materiales y métodos	5
<i>Características del lugar</i>	5
<i>Localización</i>	5
<i>Coordenadas Geográficas</i>	5
Equipos y Materiales.....	6
<i>Materiales de campo</i>	6
<i>Materiales de oficina</i>	7
<i>Materiales biológicos de la investigación</i>	7
<i>Brote Del Pasto King Grass Morado (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides)</i>	7
<i>Características del área experimental</i>	7
Métodos.....	7
<i>Variables que se consideraron en la investigación</i>	7
Estimación de las variables que se consideraron en la investigación	8
<i>Humedad del suelo</i>	8
<i>Procedimiento que se utilizó para determinar la humedad del suelo con el método del tensiómetro</i>	8
<i>Evapotranspiración de referencia (ET_o)</i>	11
Variables que integran un diseño agronómico para el riego.....	12
<i>Recolección del sustrato</i>	17
<i>Llenado de fundas plásticas</i>	17

<i>Siembra</i>	18
<i>Riego</i>	18
<i>Fertilización</i>	18
<i>Control de malezas</i>	18
<i>Control de plagas</i>	18
<i>Cosecha</i>	18
<i>Toma de datos en el área experimental</i>	18
Variables a evaluar	19
<i>Altura de la planta</i>	19
<i>Número de tallos por macollo</i>	19
<i>Número de hojas por tallo</i>	19
<i>Rendimiento de materia Verde (MV)</i>	19
<i>Rendimiento de materia Seca (MS)</i>	19
<i>Relación hoja/tallo (RHT)</i>	20
<i>Proporción de hoja (PH)</i>	20
<i>Proporción de tallo (PT)</i>	21
<i>Relación hoja/tallo (RHT)</i>	21
<i>Porcentaje de material muerto (PMM)</i>	22
Índice de crecimiento en el pasto	22
<i>Eficiencia del uso del agua</i>	22
<i>Área foliar</i>	23
Resultados y discusión	24
<i>Variables realizadas estadísticamente</i>	24
<i>Variable De producción</i>	24
<i>Variable de comportamiento de planta</i>	26
<i>Programación de riego</i>	28
Conclusiones	30
Anexos	35

Índice De Imágenes

<i>Ilustración 1: Mapa de Localización de la PUCEM Chone</i>	5
<i>Ilustración 2: Nivelación de terreno</i>	48
<i>Ilustración 3: Recolección de la sepa</i>	48
<i>Ilustración 4: Llenado de fundas plásticas</i>	48
<i>Ilustración 5: Sepa sembrada con pequeños brotes</i>	49
<i>Ilustración 5: Sepa sembrada con pequeños brotes</i>	49
<i>Ilustración 6: Comportamiento del pasto King grass morado a los 15 días, ensayo de 40%</i>	49
<i>Ilustración 7: Comportamiento del pasto king grass morado a los 15 días ensayo del 60%</i>	49
<i>Ilustración 8: Comportamiento de la planta a los 45 días con láminas de riego del 40%</i>	50
<i>Ilustración 9: Comportamiento de las plantas a los 45 días con láminas de riego del 60%</i>	50
<i>Ilustración 10 : Corte final, recolección de materia verde, materia seca y tallos</i>	50
<i>Ilustración 11: Planta con láminas de riego del 40%</i>	51
<i>Ilustración 12: Aplicación de riego con los diferentes volúmenes de agua</i>	51
<i>Ilustración 13: Tensiómetro del tratamiento de 60%</i>	51

Índice de Ecuaciones

<i>Ecuación 1: Método de Penman Monteith modificado por la Fao (FAO, 2006)</i>	12
<i>Ecuación 2: Evapotranspiración del cultivo ETc (FAO, 2006)</i>	13
<i>Ecuación 3: Precipitación "Pe"</i>	13
<i>Ecuación 4: Balance Hídrico</i>	13
<i>Ecuación 5: Agua fácilmente disponible para el cultivo</i>	14
<i>Ecuación 6: Lamina Neta</i>	14
<i>Ecuación 7: Requerimiento de Lavado</i>	14
<i>Ecuación 8: Lámina Total</i>	15

<i>Ecuación 9: Intervalo de Riego</i>	15
<i>Ecuación 10: Lámina Neta Ajustada</i>	16
<i>Ecuación 11: Lámina Total Ajustada</i>	16
<i>Ecuación 12: Intensidad de Aplicación de agua</i>	16
<i>Ecuación 13: Tiempo de riego</i>	17
<i>Ecuación 14: Rendimiento de materia seca</i>	20
<i>Ecuación 15: Proporción de Hoja</i>	21
<i>Ecuación 16: Proporción de Tallo</i>	21
<i>Ecuación 17: Relación hoja/tallo</i>	21
<i>Ecuación 18: Porcentaje de materia seca</i>	22
<i>Ecuación 19: Área foliar</i>	23

Índice De Tablas

<i>Tabla 1: Datos climáticos promediados del 2000 al 2012</i>	5
<i>Tabla 2: Distribución de las plantas, área experimental (Pasto King Grass Morado) (Pennisetum purpureum x Pennisetum typhoides</i>	7
<i>Tabla 3: Relación lectura de tensiómetro – condiciones de humedad de suelo</i>	11
<i>Tabla 4: Variables de Producción</i>	24
<i>Tabla 5: Variables de Comportamiento de la Planta</i>	26
<i>Tabla 6: Programación de Riego</i>	28
<i>Tabla 7: Variable Altura de la planta</i>	35
<i>Tabla 8: Variable Número de tallos por macolla</i>	35
<i>Tabla 9: Variable número de hojas por macolla</i>	35
<i>Tabla 10: Número de hojas por tallo</i>	36
<i>Tabla 11: Rendimiento de materia verde por planta (Mv) (gr)</i>	36
<i>Tabla 12: Rendimiento de materia verde por Ha (kg)</i>	36
<i>Tabla 13: Rendimiento de materia seca por planta (Ms) (gr)</i>	37

Tabla 14: Porcentaje de materia seca.....	37
Tabla 15: Relación hoja/tallo (RHT).....	37
Tabla 16: Eficiencia del uso de agua en materia verde (m ³ /kg).....	38
Tabla 17: Rendimiento por Ha de materia seca (kg)	38
Tabla 18: Eficiencia del uso del agua en materia seca (m ³ /kg)	38
Tabla 19: Área foliar	39
Tabla 20: Lectura de los tensiómetros	40
Tabla 21: Información climática que se utilizó para calcular el ETo	41
Tabla 22: Cálculo de las láminas de agua	43
Tabla 23: Programación de riego	45
Tabla 24: Análisis estadístico de la Eficiencia del uso del agua en Materia seca	45
Tabla 25: Análisis estadístico de la Eficiencia del uso del agua en Materia Verde	45
Tabla 26: % de materia seca	45
Tabla 27: Altura de la Planta.....	46
Tabla 28: Hojas por Macolla	46
Tabla 29: Hojas por tallo	46
Tabla 30: Área foliar	46
Tabla 31: Materia Seca por Ha.....	47
Tabla 32: Materia Verde por Ha.....	47
Tabla 33: Relación Hoja/Tallo.....	47
Tabla 34: Tallo por macolla.....	47

Introducción

Durante el último siglo, la población mundial se ha cuadruplicado, lo que se ha traducido en un aumento en la presión sobre los recursos naturales, hasta alcanzar un punto en que la demanda de los mismos ha superado la capacidad regenerativa de la tierra (Galli, y otros, 2012) (Haberl, y otros, 2007). Es cada vez más aceptado que el modelo actual de desarrollo, basado en la sobreexplotación de los recursos naturales, la degradación ambiental y la marginación social, debe cambiar hacia una economía más sostenible, que garantice el bienestar humano y la equidad social, al tiempo que reduzca significativamente los riesgos ambientales y la escasez ecológica (UNEP., 2011.).

Según las apreciaciones ejecutadas, el incremento en la población mundial, el desarrollo económico, los cambios en los estándares de consumos y el calentamiento global van a producir un incremento en la demanda global de agua de más de un 50% hasta el año 2050 (Molden, 2007.) (OECD., 2012.). Con lo que se pronostica que casi la mitad de la población mundial habitará en áreas con un estrés de agua severo y con un grado de contaminación de los recursos hídricos cada vez más elevado, como consecuencia de los problemas de eutrofización derivados de la pérdida de nutrientes (Seitzinger, y otros, 2010.). De esta forma, la escasez de agua se puede identificar como uno de los principales riesgos para alcanzar el ansiado desarrollo sostenible (Liu & Yang H, 2010.). El agua es un recurso natural indispensable, del que cada vez se requiere un mayor consumo en las poblaciones urbanas y que cada vez resulta más escaso. En la cultura mediterránea, la dificultad de abastecimiento ha generado formas de abastecimiento y consumo que primaba la economía y previsión. Esta situación hace que el gasto de agua en la agricultura, que supone entre el 50 y el 80% del agua disponible, se mire como un «exceso» desde ciertos ámbitos, ignorando que ese consumo se dedica a producir los alimentos que la sociedad urbana necesita consumir y que, por tanto, acaba siendo

también una necesidad de la población en general (Hipólito, Bota, Jaume, & Ribas, 2007).

En este sentido, para medir el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada región, se desarrolló el índice “Huella Hídrica” (HH). Éste se define como el “volumen total de agua utilizada para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo, por un grupo de personas o por un país, respectivamente” (Chapagain & Tickner, 2012.).

En las últimas décadas, la producción agrícola mundial, ha aumentado en paralelo a los aumentos de población sin apenas aumentar la superficie cultivada (probablemente muy cercana al máximo disponible). Afortunadamente, cada vez hay más conocimientos y tecnologías disponibles, que ayudan a incrementar la eficiencia en el uso del agua en la agricultura y así, en España, el incremento registrado en la superficie de regadío declarada en los últimos años se ha hecho compatible con una reducción global de la cantidad de agua utilizada por la agricultura (Hipólito, Bota, Jaume, & Ribas, 2007).

La contribución de nuestro grupo de investigación a este empeño, se centra en el incremento de los conocimientos sobre la eficiencia del uso del agua por las plantas, de las necesidades de agua en procesos claves para la producción como la fotosíntesis, y en delimitar hasta qué punto es posible incrementar la eficiencia en el uso del agua por las plantas. Esto exige conocer mucho mejor los procesos claves para la producción y el peso de las variaciones climáticas sobre la eficiencia de estos procesos y también identificar especies o variedades (Hipólito, Bota, Jaume, & Ribas, 2007).

En el Ecuador, los resultados sobre el manejo de los recursos naturales hasta la presente fecha, no han sido tan alentadores, más bien se observa la escasez de agua, el deterioro del suelo y otros recursos naturales. En la provincia Manabí las áreas afectadas por procesos erosivos, la pérdida de suelos, debida a la erosión en las diferentes cuencas

hidrográficas varían hasta 77 tn/ha/año, y alrededor del 75% del suelo de la provincia está sometido a procesos fuertes e intensivos de erosión. El (PHIMA, 2009) reporta una tasa de erosión de 17 tn/ha/año en la cuenca de Chone, valor considerado alto (PHIMA, 2009).

Durante un siglo hemos utilizado cantidades exorbitantes de agua en nuestras actividades tanto cotidianas como productivas. Pero la urgencia de las circunstancias nos hizo reaccionar, y hoy la sustentabilidad y eficiencia son conceptos, que se van incorporando con fuerza a nuestros estilos de vida y a las diversas áreas económicas. No podía ser de otra manera. El agua es esencial, decisiva para la agricultura y para la vida. El 40% de los alimentos que se producen en el mundo se cultivan en sistemas de riego con agua dulce, y cada vez se hace más evidente que sin una gestión inteligente de este recurso se agravarán los problemas de suministro (Echeverría, 2015).

Los pastos de corte, representan una alternativa viable y aplicable a las ganaderías futurista que sueñan con intensificar la producción de carne por área. Los pastos de corte como cultivos forrajeros, son una alternativa importante para suplementar al ganado en pastoreo, especialmente en época seca, donde la cantidad y calidad de las praderas se reducen a más del 50% de su potencial, y como consecuencia de ello se presentan desequilibrios en los parámetros productivos (Cortes & Olarte, 2018).

Sobre pastos de corte, es muy poca la información difundida y la base genética de los forrajes del Piedemonte llanero, lo constituyen especies de origen africano incluyendo las gramíneas de ramoneo, entre ellas las del género *brachiaria* y de las de corte los del género *pennisetum* respectivamente. En la actualidad los ganaderos se ven abocados a la necesidad de incrementar la capacidad de carga, mejorar la calidad en menor tiempo, y; a menor costo en las lecherías y la ceba de los animales; esto se puede lograr perfectamente con la implementación de cultivos forrajeros intensivos, ya sea con leguminosas arbustivas (*cratylia argétea*), especies no convencionales como el botón de oro (*Tithonia*

diversifolia), Morera (*morus alba*) o con pastos de corte. (Bernal, 1991) y (Burger, 1980), manifiestan que los *Pennisetum purpureum* son pastos de origen africano, robustos, vigorosos y perennes, por lo cual han sido introducidos en todas las regiones tropicales y subtropicales. La colonia Agrícola ubicada en la ciudad de Acacias-Meta Colombia, ve en el pasto King Grass Morado, un potencial de producción de forraje que puede satisfacer sus requerimientos para la nutrición de sus animales. Es importante aclarar que el sistema de producción cuenta con otra diversidad de pastos como pasto elefante (*Pennisetum purpureum*), Maralfalfa (*Pennisetum Sp*) e Imperial (*Axonopus scoparius*) (Cortes & Olarte, 2018).

De esta manera el King grass, se ha destacado como planta forrajera en Cuba (Herrera R., 2005) y Latinoamérica (Espinoza, Argenti, Gil, Leòn, & Perdomo, 2001.) Por su valor energético y alto potencial productivo tanto en riego como secano. El desarrollo del riego en esta gramínea en Cuba, para su uso en la ceba de toros de acuerdo al programa previsto en el país para la intensificación de esta actividad entre los pequeños agricultores, indica que será necesario contar con elementos adecuados para el manejo eficiente del riego con vistas al ahorro de agua y energía (Espinoza, Argenti, Gil, Leòn, & Perdomo, 2001.).

Los valores de coeficiente de cultivo (K_c) se ha determinado por cada semana del crecimiento vegetativo en los diferentes cortes, tomando como referencia el modelo sugerido por la (FAO, 2006) para cultivos forrajeros, por lo cual se determinó y gráfico de los coeficientes de cultivo (K_c) en cada semana del crecimiento vegetativo mediante el resultado del cociente de evapotranspiración real (ET_c) entre la evapotranspiración referencial (ET_o) promedio diaria (Chavez, 2016).

Materiales y métodos

Características del lugar

Localización.

El estudio se realizó en las instalaciones de la “Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Manabí (PUCEM) Campus Chone”, en la Finca, Km 11 de la Vía Chone - Quito colindante con los centros poblados de Garrapata.

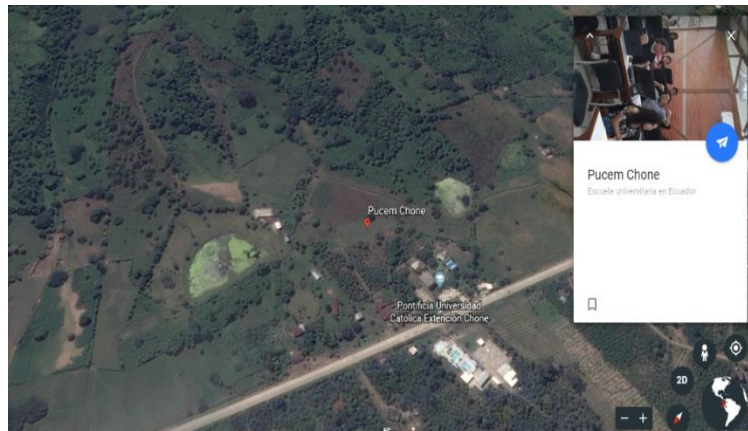


Ilustración 1: Mapa de Localización de la PUCEM Chone

Fuente: (GOOGLE.EARTH, 2020)

Coordenadas Geográficas.

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

Tabla 1: Datos climáticos promediados del 2000 al 2012

MES	EVAPORACION (mm/día)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION (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

Fuente: (INAMHI, 2017)

Equipos y Materiales

Materiales de campo.

- Bolsas plásticas.
- Recipientes para recolectar el agua drenada
- Probetas
- Tensiómetros de 15 cm
- Tierra para sembrar
- Palas
- Pico
- Flexo metro
- Cámara fotográfica
- Fertilizante
- Insecticidas
- Fungicidas
- Semilla del pasto King Grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)

- Mangueras

Materiales de oficina.

- Cuadernos
- Lapiceros
- Laptops
- Calculadoras
- Software de Excel
- Software cropwat

Materiales biológicos de la investigación.

Brote Del Pasto King Grass Morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)

Características del área experimental

Cultivo del pasto king grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).

Tabla 2: Distribución de las plantas, área experimental (*Pasto King Grass Morado*) (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*)

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

Métodos

Variables que se consideraron en la investigación.

- Humedad del Suelo (Método del tensiómetro)
- Evapotranspiración de referencia
- Evapotranspiración real del cultivo
- Coeficientes de los cultivos

Estimación de las variables que se consideraron en la investigación

Humedad del suelo.

En la presente investigación se estableció la humedad del suelo, por medio del método del tensiómetro, teniendo en cuenta los datos de las lecturas diarias.

Debido a las características, que muestran los cultivos sometidos a investigación se utilizó un tensiómetro de 15 cm de profundidad para de esta manera poder realizar las respectivas lecturas diariamente de la presión del suelo, que están relacionadas con el nivel de humedad del suelo.

Procedimiento que se utilizó para determinar la humedad del suelo con el método del tensiómetro.

- El tensiómetro se debe preparar antes de ser instalado en el campo. El agua utilizada para llenar él tubo plástico y el tanque de reserva, preferiblemente debe ser destilada. Si no es posible el uso de agua destilada, entonces se puede utilizar agua hervida. El agua contiene aire disuelto y cuando se destila o hierve el aire se pierde a la atmósfera quedando el agua sin aire o gases. El aire o gases disueltos en el agua cruda forma burbujas dentro del tubo plástico, las cuales interfieren con la lectura del indicador que trabaja al vacío.
- Para reprimir el crecimiento de algas y bacterias, y sea más fácil la visualización del agua en el tensiómetro, a esta se le agrega un acondicionador que en su mayoría tiene un colorante verde o azul. La solución para llenar el tensiómetro se prepara añadiendo a un litro de agua, un centímetro cúbico de acondicionador o el contenido de la tapita del envase de este, como se indica en la etiqueta de la botella.
- Quite la tapa del tensiómetro y la cubierta plástica en la copa de cerámica porosa. Llene el tensiómetro con la solución del agua, sin ubicar la tapa. Mantenga el tensiómetro sumergido en agua limpia por dos o tres días antes de la instalación.

Vuelve a llevar el tensiómetro con la solución incluyendo el tanque de reserva. Luego que el sistema esté completamente lleno, aplique succión haciendo el uso de la bomba de vacío manual para remover el aire en la copa de cerámica y el tubo plástico del tensiómetro (Coloque la ventosa de la bomba de vacío sobre el reservorio y bombee con fuerza hasta que la aguja del manómetro marque la lectura de 80- 85 centibares).

- Asegúrese que la punta cerámica este sumergida en agua o en la cubeta con arena mojada mientras desarrollé el procedimiento. Para evitar dañar el manómetro, libere el vacío lentamente utilizando la válvula de escape de la ventosa. Repita el procedimiento 2 o 3 veces para eliminar todo el aire del instrumento.
- Grandes burbujas de aire, pueden aparecer desde la base del tubo plástico. Esto indica que la copa de cerámica o su conexión al tubo no tiene el suficiente ajuste. Si las burbujas aparecen sobre el indicador vacío, entonces la conexión entre el indicador y el tubo no está herméticamente sellada. Cualquier condición de filtración del tensiómetro debe ser corregido
- Pequeñas burbujas pueden tomarse como resultado del aire disuelto en el agua. Para probar el indicador vacío, permita que el tensiómetro se saque gradualmente el aire hasta que el indicador muestre un valor de succión alto, y entonces coloque la copa de cerámica en agua.
- La lectura debe descender en segundos y alcanzar cero dentro de un promedio de 3 a 5 minutos.
- El tensiómetro se inserta y se ajusta de arriba hacia abajo. No aplica presión en la conexión de indicador empujando o tirando de este. Presiona directamente hacia abajo en la tapa del compartimiento de reserva al tiempo de instalarlo. Se recomienda deja una separación de 2.5 centímetro entre la parte de abajo del indicador y el suelo para permitir al diagrama del medidor la succión expandirse y contraerse libremente.

- A nivel de la tierra, se coloca un poco de suelo alrededor del tubo plástico y se aprieta un poco para evitar que entre el agua de escorrentía entre las paredes de tubo y las del hoyo. Cuando desee remover el tensiómetro de la tierra, gire esta para aflojarlo del suelo, entonces agarre el tubo principal y tire directamente hacia arriba. Identifique los tensiómetros por estaciones y profundidad a que se instalaron.
- Luego de la instalación, llene el compartimiento de reserva con la solución de campo preparada con agua destilada o hervida y el preservativo o colorante. Remueva las burbujas de aire que observe en el compartimiento de reserva o el tubo plástico. Una buena extracción de aire aumenta la sensibilidad del tensiómetro y da mayor precisión a la lectura. Luego de la instalación se requiere de un día para que el agua del tensiómetro llegue a un equilibrio con el suelo que lo rodea.
- El tiempo más apropiado para leer el tensiómetro es en la mañana. A esta hora el movimiento de agua en el suelo y hacia la planta es insignificante, ya que existe un estado de equilibrio. Las lecturas se deben tomar a la misma hora todos los días. La frecuencia de la lectura depende del cultivo, suelo, clima, y método de riego. A mayor intervalo de riego menor frecuencia se hace las lecturas. A las plantas con raíces poco profundas y sensitivas o que se rieguen por goteo se recomienda que el tensiómetro sea leído diariamente. En suelos arenosos y clima caliente, donde se usan otros sistemas de riego diferente de goteo, las lecturas deben ser tomadas 3 veces a la semana.
- El tensiómetro se instala según el método de riego: para riego de surco, se instala el tensiómetro al lado interior del lomo del surco, el cultivo sembrado en línea a lo largo de surco. Para el riego por aspersión, en cultivos sembrados en hileras colóquelo el tensiómetro 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 el riego localizado, en frutales los tensiómetros se colocan normalmente en partes soleadas del árbol de 30 o 45 centímetros de los emisores de goteo y a 60 o 90 cm. Del microprocesador.

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

Tabla 3: Relación lectura de tensiómetro – condiciones de humedad de suelo

1. Lectura de tensiómetro en centibales (cb)	2. Condiciones humanas 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)

Evapotranspiración de referencia (E_{To}).

La Evapotranspiración se referencia y se determina mediante dos métodos indirectos de los cuales son:

Ecuación 1: Método de Penman Monteith modificado por la Fao (FAO, 2006)

$$ET_0 = \frac{0.408 \Delta(Rn - G) + y \frac{900}{T + 273} U^2(eS - eA)}{\Delta + y(1 + 0.34U^2)}$$

Dónde:

ET₀= Evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

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

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

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

U₂= Velocidad del viento medio a 2m de la altura (m/s-1)

E_a= Presión de vapor actual (KPa)

E_s= Presión de vapor aire saturado con agua (KPa)

E_s - E_a = 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, fue diseñado para el cultivo del pasto King Grass morado (*pennisetum purpureum* x *pennisetum typhoides*), tomando en consideración el valor Kc y ETc obtenidos de los lisímetros de drenaje.

Ecuación 2: Evapotranspiración del cultivo ET_c (FAO, 2006)

$$ET_c = K_c * ET_o$$

Dónde:

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

K_c = Coeficiente de los cultivos (adimensional)

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

Ecuación 3: Precipitación " P_e "

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

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

Dónde:

P_e = Precipitación efectiva (mm)

P = Precipitación (mm)

Ecuación 4: Balance Hídrico

$$BH = ET_c - P_e$$

Dónde:

BH = Balance Hídrico (mm)

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm/día)

P_e = Precipitación efectiva (mm)

Ecuación 5: Agua fácilmente disponible para el cultivo

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

Dónde:

AFD= Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm)

Cc= Capacidad Campo (%)

Pm= Punto de Matriz (%)

Da= Densidad Aparente

Prec= Profundidad radicular del cultivo (mm)

Ecuación 6: Lámina Neta

$$Ln = AFD * FAC$$

Dónde:

Ln= Lámina Neta (mm)

AFC= Agua fácilmente disponible para el cultivo (mm)

FAC= Factor de Agotamiento

Ecuación 7: Requerimiento de Lavado

$$Rl = \frac{CEa}{5.CEe - Cea}$$

Dónde:

RI= Requerimiento de Lavado

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

CEe = Conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo en el que se produce un descenso de la producción. Se expresa en dS/m .

Ecuación 8: Lámina Total

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

Dónde:

Lt= Lámina Total (mm)

Ln= Lámina Neta (mm)

Ea= Eficiencia del sistema de riego utilizado

RI= Requerimiento del lavado

Ecuación 9: Intervalo de Riego

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

Dónde:

Ir= Intervalo de Riego (mm)

Ln= Lámina Neta (mm)

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

Ecuación 10: Lámina Neta Ajustada

$$\mathbf{Ln}_{\text{ajustada}} = \mathbf{ETc}_{\text{diarios}} * \mathbf{Ir}_{\text{ajustado}}$$

Dónde:

Ln ajustada= Lámina Neta Ajustada (mm/riego)

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

Ir ajustado= Intervalo de Riego ajustados (días)

Ecuación 11: Lámina Total Ajustada

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

Dónde:

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

Ln ajustada= Lámina Neta Ajustada (mm)

Ea= Eficiencia del sistema de riego utilizado

Rl= Requerimiento del lavado

Ecuación 12: Intensidad de Aplicación de agua

$$I_{ap} = \frac{Q_a}{E_a * E_l}$$

Dónde:

Iap= Intensidad de aplicación de agua

Qa= Caudal (l/h)

Ea= Espacio entre aspersores (m)

El= Espacio entre laterales (m)

Ecuación 13: Tiempo de riego

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

Dónde:

Tr= Tiempo de riego

Lt ajustada = Lámina Total Ajustada (mm)

AP emisor= Aportación del emisor

Recolección del sustrato.

La extracción del suelo, se llevó a cabo extrayendo una capa de suelo de 20 cm, con la finalidad de obtener las capas de suelos internas, con presencia de materia orgánica que por lo general se encuentra en la superficie del suelo.

Llenado de fundas plásticas.

Esta actividad se realizó con la extracción del suelo, y lo cual nos permitirá llenar aproximadamente 20 unidades, cada bolsa plástica cuenta con los siguientes valores 27cm de alto, 95 cm a la redonda con el material dentro de la misma y 8cm de espacio libre que en volumen de agua equivale a 0,008 Litros donde aplicaremos las diferentes láminas de agua.

Siembra.

Se utilizaron cepa del pasto King Grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*) con separaciones de 1 m entre hileras de 1 m entre plantas.

Riego.

La reposición de agua por riego en el área experimental, se llevó a cabo manualmente y considerando las necesidades hídricas del cultivo, las cuales están en función de la evapotranspiración de la zona y el consumo biológico del cultivo.

Fertilización.

La fertilización se llevó a cabo, tomando en consideración las necesidades nutricionales de los cultivos, para las diferentes etapas de su crecimiento. Se aplicó 25 gr. de urea por planta, a los 5 días de haber realizado el corte de igualación del pasto.

Control de malezas.

El control de maleza se lo realizara manualmente, para evitar que los cultivos sean afectados.

Control de plagas.

El control de plagas se lo llevo a cabo mediante el uso de Clorpirifos, cuando note los primeros síntomas de enfermedades que iban a afectar el proceso normal de los cultivos, la cantidad que utilizamos fue de 50ml por bomba de 20 litros.

Cosecha

La cosecha de las plantas se llevaron a cabo al terminar la última etapa de su desarrollo fenológico, en el caso del pasto King Grass morado (*Pennisetum purpureum* x *Pennisetum typhoides*).se realizó a los 60 días del corte de igualación.

Toma de datos en el área experimental.

Los datos climáticos en el área experimental, se registraron cada 24 horas para poder estimar la evapotranspiración de referencia y del cultivo.

Variables a evaluar

Altura de la planta.

La altura se determinó a los 45 días después del corte de uniformidad, con la ayuda de una cinta métrica, para lo cual se medirá desde la base del tallo hasta la hoja bandera, considerándolo por cada plata. Los valores se obtendrán de 4 plantas tomadas en el área útil de cada unidad experimental, y se expresara en m.

Número de tallos por macollo.

Para cada unidad experimental se utilizaron las mismas 4 plantas seleccionadas en la variable anterior, en el cual se contabilizarán los tallos que forman este macollo, relacionado así la capacitas de rebrote que tiene el pasto después de haberse sometido a corte con la aplicación de diferentes volúmenes de agua.

Número de hojas por tallo.

En cada unidad experimental, se utilizarán las plantas seleccionadas, de las cuales se contabilizaran las hojas que están insertadas en el tallo y se lo hará a todos los tallos que formen parte de esa planta.

Rendimiento de materia Verde (MV).

Se evaluará en el momento de la cosecha, es decir a los 45 días, utilizando las plantas seleccionadas, en donde se separarán sus componentes (hojas, tallos y material muerto). Para pesar la biomasa cosechada se utilizará una balanza, la cual determinara su peso en kg. Se expresara en $ka. ha^{-1}$.

Rendimiento de materia Seca (MS).

Se evaluará en el momento de la cosecha es decir a los 45 días, tomando una muestra de pasto en hojas y tallos, la cual se aplicará y almacenará en una bolsa de papel, para que no pierda su humedad, luego se pesará y se introducirá en la estufa a una temperatura de

60-105 °C por 24 horas para secar y determinar la materia seca, luego que salga de la estufa se dejará estabilizar el peso y con los valores obtenidos se determinará el porcentaje de materia seca en el pasto utilizando las siguientes fórmula:

Ecuación 14: Rendimiento de materia seca

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

MS= Materia seca expresada en porcentaje

PS= Peso seco de la muestra expresado en g.

PH= Peso húmedo de la muestra expresado en g.

Relación hoja/tallo (RHT).

Se determinará efectuando la separación de las hojas (H; lámina foliar más lígula), tallos (T; conjunto de vinas más tallos verdaderos) y material muerto (MM) del forraje cortado, de las plantas seleccionadas. De este material seleccionado se tomará una muestra, las cuales se ubicarán en una bolsa hermética de cierre mágico y se llevara a estufa a 105 °C por 24 horas, luego que la muestra esta seca se pesará utilizando una balanza digital. Una vez conocidos los pesos de cada componente morfológico (tallo y hoja), se procederá a calcular la proporción individual en función a la masa de forraje (MF) presente en la muestra. Esta actividad se realizará cada 45 días y durante los 4 cortes del pasto establecidos en la investigación. Se utilizarán las siguientes fórmulas:

Proporción de hoja (PH).

Se refiere al peso de las láminas foliares más lígulas en relación de una masa de forraje.

Se obtiene la fórmula:

Ecuación 15: Proporción de Hoja

$$PH = H/MF$$

Dónde:

PH= Porción de hoja, expresado en $g.kg^{-1}$.

H= Lámina foliar más lígula, expresado en g.

MF= Masa de forraje, expresado en Kg

Proporción de tallo (PT).

Se refiere al peso de tallos en relación de una masa de forraje. Se obtiene con la fórmula:

Ecuación 16: Proporción de Tallo

$$PH = T/MF$$

Dónde:

PH= Porción de tallo, expresado en $g.kg^{-1}$.

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

MF= Masa de forraje, expresado en Kg.

Relación hoja/tallo (RHT).

Se refiere a la relación entre la proporción hojas y la proporción de tallo en una masa de forraje obtenida con la fórmula:

Ecuación 17: Relación hoja/tallo

$$RHT = PH/PT$$

Dónde:

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

PH= Porción de hojas, expresado en $g.kg^{-1}$.

PT= Porción de tallo, expresado en $g.kg^{-1}$.

Porcentaje de material muerto (PMM).

En cada unidad experimental, se utilizará la misma planta seleccionada en la variable anterior, en la cual se contabilizará el número de hojas por macollo con 50% o más de la lámina foliar senescente.

Ecuación 18: Porcentaje de materia seca

$$PMM = MM/MF$$

Dónde:

PPM= Proporción de material muerto, expresado en $g.kg^{-1}$.

MM= Material muerto, expresado en g.

MF= Masa de forraje, expresado en Kg

Índice de crecimiento en el pasto

Eficiencia del uso del agua.

Se obtendrá dividiendo la evapotranspiración del pasto, según el régimen deficitario controlado suministrado (consumo de agua) determinado en $m^3.ha^{-1}$ con la producción de materia verde y seca del pasto expresado en $kg.ha^{-1}$. Este dato se expresará $m^3.Kg^{-1}$

Área foliar.

Se determinará el área de las hojas obtenidas al separar los componentes morfológicos (tallos y hojas) definido en la variable relación hoja/tallo. Para ello se utilizó una aplicación llamada PETIOLE en la cual se utilizaban las hojas, la cual se cortaba en pedazos, una vez hecho esto con el teléfono, hicimos las mediciones de estos para así poder obtener el área de la hoja, esto se realizó en cada hoja de cada tallo en los ensayos de 40% y 60%.

Ecuación 19: Área foliar

***AF** = Suma del área de las hojas por cada planta*

Resultados y discusión

Variables realizadas estadísticamente

Variable De producción.

Tabla 4: Variables de Producción

VARIABLE RESPUESTA	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
% DE MATERIA SECA	40%	39,86 a	Altamente significativo	27,79%
	60%	25,20 b		
RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE	40%	1804,44 b	Altamente significativo	27,09%
	60%	2815,00 a		
RENDIMIENTO DE MATERIA SECA	40%	750,04 a	No significativo	25,96%
	60%	658,92 a		
ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR	40%	0,12 b	Altamente significativo	48,83%
	60%	0,29 a		
EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA MATERIA SECA	40%	0,825 a	Altamente significativo	30,63%
	60%	1,164 b		
EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA MATERIA VERDE	40%	0,330 b	No significativo	14,21%
	60%	0,326 a		

Los datos que se muestran en la tabla N°4 son las variables de producción considerados en la investigación, para la variable porcentaje de materia seca del pasto King Grass Morado, existió una diferencia estadística altamente significativa entre los tratamiento en estudio, el tratamiento 40% de la ETc, obtuvo el mayor porcentaje de materia seca con 39,86%, siendo el mejor y el tratamiento 60% de la ETc, presentó el menor porcentaje de materia seca con 25,20%. Esto se debe a los diferentes volúmenes de agua que se aplicaron a los tratamientos en estudio, ya que al momento de ponerlas en la estufa no perdían mucha humedad. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 27,79%.

(Machado, 1996) Encontró que el déficit de humedad del suelo, influye negativamente en el crecimiento de los pastos, provocando reducción del área foliar, de la actividad fotosintética y, por consiguiente, de la producción de MS. Los resultados manifestados anteriormente también contrastan con lo dicho por (Alencar, 2007) y (Oliveira, 2007) quienes exponen que el aumento de láminas de riego incrementa la producción de materia seca de los pastos.

Los resultados encontrados en esta investigación coinciden con lo dicho por, Machado (1996) Alencar (2007) y Oliveira (2007) expresan que los volúmenes de agua si influyen en la producción de materia seca, ya que las láminas de agua aplicadas pueden ser mínimas y por ende hacen que la planta tienda a producir más materia seca y menos área foliar.

Así mismo, en la variable rendimiento en materia verde se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio, según el análisis de varianza realizado, el tratamiento 60% de la ETc. mostro el mejor rendimiento de materia verde con $2815,00 \text{ kg. ha}^{-1}$ y el tratamiento 40% de la ETc, logró el menor rendimiento de materia verde con $1804,44 \text{ kg. ha}^{-1}$. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 27,09%.

El análisis estadístico, para el variable rendimiento de materia seca del pasto King Grass Morado indicó, que no existe diferencia estadísticas significativas entre los tratamientos, esto quiere decir que son iguales entre sí. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 25,96%.

En la variable área foliar según el análisis estadístico realizado, se encontró diferencia estadísticas altamente significativas entre los tratamientos en estudio, el tratamiento 60% de la ETc, presentó el mejor valor con 0,29 y el tratamiento 40% de la ETc, mostró el menor valor con 0,12. Por lo tanto, el comportamiento de cada ensayo ha sido diferente,

puesto que el índice del área foliar me permitió determinar la eficiencia de la planta cuando está llegó a su etapa adulta, una vez dado este proceso se visualiza que tan productiva pueden ser. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 48,83%.

La eficiencia del uso de agua en materia seca según el análisis estadístico, indica que existió variación altamente significativa entre ambos ensayos, el tratamiento 60% de la ETc obtuvo el mayor valor con $1,164 \text{ m}^3 \cdot \text{Kg}^{-1}$ y el tratamiento 40% de la ETc, presentó el menor valor con $0,825 \text{ m}^3 \cdot \text{Kg}^{-1}$. Esto quiere decir que, según la cantidad de agua que agregué al cultivo, determiné la relación de agua transpirada y los gramos de materia seca producidas, puesto que en este caso el de 40% fue más eficiente siendo mejor ensayo. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 30,63%.

Y por último, al revisar el análisis estadístico de los datos de la eficiencia hídrica del uso del agua de materia verde, no se encontró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos en estudio, esto quiere decir que son iguales entre sí. El coeficiente de variación que presentó esta variable fue 14,21%.

Variable de comportamiento de planta.

Tabla 5: Variables de Comportamiento de la Planta

VARIABLE RESPUESTA	TRATAMIENTOS	PROMEDIOS	NIVEL DE SIGNIFICANCIA	COEFICIENTE DE VARIACIÓN
Altura de la planta	40%	63,25 a	No significativo	15,96%
	60%	66,50 a		
Número de tallos por macolla	40%	16,42 b	Altamente significativo	19,72%
	60%	22,75 a		
Número de hojas por tallo	40%	4,95 b	Altamente significativo	25,00%
	60%	7,58 a		
Relación hoja/tallo	40%	1,33 a	No significativo	17,88%
	60%	1,61 a		
Número de hojas por macolla	40%	80,50 b	Altamente significativo	39,20%
	60%	170,75 a		

Los datos que se muestran en la tabla N° 5, detallan las variables de comportamiento del cultivo, en donde la altura de las plantas, da como resultado que los tratamientos son iguales entre sí, demostrado estadísticamente por medio del análisis de varianza. El coeficiente de variación que presente esta variable es 15,96%.

Para la variable número de tallos por macolla en los tratamientos de 40% y 60%, en el cual se manifestó que hubo diferencias altamente significativas, según los resultados de tallos por macolla el de 60% de la ETc, presentó un valor de 22,75 y el 40% de la ETc, obtuvo un valor de 16,42 esto indica que la capacidad de rebrote que tiene el pasto después de haberse sometido a corte con la aplicación de diferentes volúmenes de agua si influyo siendo el ensayo de 60% de la ETc el mejor. El coeficiente de variación que presente esta variable es 19,72%.

Así mismo, en la variable número de hojas por tallo se encontró que existen diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio, según el análisis de varianza realizado, en donde, el tratamiento 60% de la ETc, presentó el mayor resultado con un valor de 7,58 y el tratamiento 40% de la ETc, reportó el menor valor con 4,95. El coeficiente de variación que presente esta variable es 25%.

En la variable relación entre hoja y tallo, el análisis de varianza reportó que no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos en estudio, lo que quiere decir que los tratamientos son iguales entre sí. El coeficiente de variación que presente esta variable es 17,88%.

Madera, Ortiz, Bacab, & Magaña, (2013) evaluaron el efecto de la edad de corte sobre la relación hoja-tallo de *P. purpureum* cv. Camerún en el norte de Yucatán, México, encontraron que al aumentar la edad de corte disminuyó ($P < 0.01$), la relación y obtuvieron una relación hoja-tallo de 1.24 a la edad de corte de 45 días. En el caso de los

ensayos del 40% y 60% la relación hoja-tallo es superior a lo mencionado por el autor a la misma edad de corte por lo cual no contrastan con lo dicho por el autor.

Finalmente, según el análisis estadístico para el variable número de hojas por macolla se encontró diferencias altamente significativas entre los tratamientos en estudio. El tratamiento del 60% de la ETc, obtuvo un promedio de 170,75 y tratamiento del 40% de la ETc presentó un valor de 80,50 entre las plantas evaluadas. Esto describe, que el tratamiento del 40% tuvo menos hojas por macolla. La variación significativa entre ambos ensayos pudo ser influenciado por varios factores; como las plagas que afectan el desarrollo de las macollas y el crecimiento de las hojas, así mismo la aplicación de agua y la temperatura que dificultaron el crecimiento de estas. El coeficiente de variación que presente esta variable es 39,20%.

Programación de riego.

Tabla 6: Programación de Riego

MESES	ETO	ETC (mm/día)	RAD (mm)	RL (mm)	FRA (días)	LTA (mm)	IAPL (mm/horas)	TR (horas)
Octubre	2,69	2,709	70,72	0,06	5	11,56	3,79	3,05
		3,201				13,66		3,61
Noviembre	2,73	3,249			5	13,86	3,79	3,66
		4,177				17,82		4,71

En la Tabla N°6 se muestra los datos de la Programación de Riego para el pasto King Grass Morado, en los meses de Octubre y Noviembre del 2020. Para poder realizar esta Programación de riego se consiguieron datos de las plantas, el agua, el suelo y las particularidades del método de riego que se utilizó en el pasto King Grass Morado en la

Pontificia Universidad Católica del Ecuador, que fue en donde se realizó la toma de datos y el estudio climatológico obtenidos de la estación meteorológica del mismo establecimiento.

Los valores obtenidos del ETc fueron tomados a diario, en el cual mediante la investigación estos variaron entre 4,177 mm/día siendo el más alto y el más bajo 2,201 mm/día considerando que la disponibilidad hídrica se realizaba con el 60% de la ETc. En un estudio realizado por (Herrera, González, & Zamora, 2010) en la estación central de pastos “Niña Bonita” de Cuba en un cultivo de king grass en diferentes épocas del año y edad de la planta, determinaron que los consumos diarios de agua variaron entre 1,5 y 5,0 mm/día lo cual coincido ya que no sobrepasa las variaciones estipuladas.

Los valores obtenidos de la reserva de agua disponible en el suelo para el pasto durante el ensayo fue 70,72 mm. Se especificó una Frecuencia de Riego en el ensayo de 5 días, así mismo los Valores de Lámina Total Ajustada que se obtuvieron a diario durante el ensayo mantuvieron una variación de 17,82 mm siendo el más elevado y 11,56 mm siendo el más bajo. El valor de la Intensidad de Aplicación para el ensayo fue de 3,70 mm/hora para los días del mes y del año. Y por último los valores de Tiempo de Riego obtenidos a diario durante el ensayo variaron entre 3.05 horas y 4.71 horas.

Conclusiones

Con los resultados que obtuve en los ensayos se puede concluir en lo siguiente:

De acuerdo a la variable de producción el más eficiente fue el tratamiento del 60% con valores superiores en materia verde, área foliar, eficiencia del uso del agua materia verde y seca considerándola mejor tratamiento entre ambos ensayos.

El comportamiento vegetativo del pasto, presenta mejores características cuando se aplican volúmenes de agua cercanos a las necesidades reales de agua del cultivo.

La programación de riego con el 60% de la ETc, presenta volúmenes de agua de aporte al cultivo que satisfacen en gran medida las necesidades hídricas de la planta.

- Alencar, C. (2007). Produção de seis gramíneas forrageiras tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio, na região Leste de Minas Gerais. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. 121f.
- Bernal, J. (1991). Pastos y forrajes tropicales. Producción y manejo. *Unidad de Divulgación y Prensa*. Bogota, Colombia: Banco Ganadero. 2ª Ed 554 p.
- Briceño, M., Álvarez, F., & Barahona, U. (2012). Manual Técnico de Riego con Énfasis en Riego por Goteo. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América. Honduras: Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 122p. .
- Burger, W. (1980). Flora costarricensis. Publisher by Fiel Museum of Natural History. 4th Edition. United States of America. 608 p.
- Chapagain, A., & Tickner, D. (2012.). *Water footprint: Help or hindrance? Water Alternatives* 5.
- Chavarria, J. (2011). *Guía de instalación y calibración de un tensiómetro* . Calceta, Manabí, Ecuador.
- Chavez, G. (2016). DETERMINACIÓN DEL COEFICIENTE DE CULTIVO (Kc) Y CRECIMIENTO VEGETATIVO DE MARALFALFA (*Pennisetum* sp.) BAJO CONDICIONES CLIMÁTICAS DE LA IRRIGACION MAJES. Arequipa, Perú.
- Obtenido de

- <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1780/AGchalgr.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cortes, D., & Olarte, O. (2018). *Pasto de corte king grass morado (Pennisetum Purpureum x Pennisetum Typhoides), una esperanza forrajera en la colonia agrícola de Acacias*. (Vol. 2). Colombia.: Working papers;ECAPMA.
- Echeverría, H. (2015). El rol central de la innovación en la sostenibilidad del recurso hídrico. *1(2)*. Chile: Fundación para la Innovación Agraria del Ministerio de Agricultura de Chile - FIA.
- Espinoza, F., Argenti, J., Gil, L., Leòn, L., & Perdomo, E. (2001.). *Evaluación del Pato King grass en asociación con leguminosas forrajeras*".
- FAO. (2006). Método de Penmen Monteith Modificado por la FAO NO.56 Evapotranspiración del cultivo. Roma.
- Galli, A., Wiedmann, T., Ercin, E., Knoblauch, D., Ewing, B., & Giljum, S. (2012). Integrating Ecological, Carbon and Water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. 100 -112. *Ecological Indicators* 16: 100-12.
- GOOGLE.EARTH. (2020). *Localización Pucem*. Chone.
- Haberl, H., Erb, K., Krausmann, F., Gaube, V., Bondeau, A., Plutzer, C., . . . Fischer-Kowalski, M. (31 de 07 de 2007). Quantifying and mapping the human

- appropriation of net primary production in earth's terrestrial ecosystems. 104 (31):12942-12947. Proc Natl Acad Sci USA 104(31):12942-12945.
- Herrera, J., González, F., & Zamora, E. (2010). Coeficientes de cultivo (Kc) del King grass para diferentes épocas del año y edad de la planta. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* , 19(1):44. .
- Herrera, R. (2005). Evaluación de gramíneas, Contribución del Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 39(3),.
- Hipólito, J., Bota, J., Jaume, M., & Ribas, J. (2007). *EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA POR LAS PLANTAS*. Alicante, España.
- INAMHI. (2017). *Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología Datos climatológicos promedio del 2000 al 2012*. Pucem-Chone.
- Liu, J., & Yang H. (2010.). *Spatially explicit assessment of global consumptive water uses in cropland: Green and blue water*. Journal of Hydrology.
- Machado, R. (1996). Dinámica de algunos indicadores morfológicos y estructurales de *Andropogon Gayanus* CIAT-621 bajo condiciones de manejo intensivo. Efecto de la época y el año. *Pastos y Forrajes* 19:121–127.
- Madera, N., Ortiz, B., Bacab, H., & Magaña, H. (Mayo de 2013). *Influencia de la edad de corte del pasto morado (Pennisetum purpureum) en la producción y digestibilidad in vitro de la materia seca*. *Avances en Investigación Agropecuaria* . Obtenido de Avances en Investigación Agropecuaria: <http://www.ucol.mx/revaia/portal/pdf/2013/mayo/3.pdf>

- Molden, D. (2007.). *Water for food, water for life: a comprehensive assessment of water management in agriculture*. London, UK.: Earthscan.
- OECD. (04 de 2012.). OECD Environmental Outlook to 2050: the Consequences of Inaction.
- Oliveira, J. (2007). Produção de duas gramíneas tropicais submetidas a diferentes lâminas de água e doses de nitrogênio e potássio no Estado do Tocantins. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, Brasil. 121f.
- PHIMA. (2009). "Plan Integral de Desarrollo de los Recursos Hídricos de la Provincia de Manabí". . Manabí, Ecuador. Recuperado el Julio de 2015, de <<http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea40s/ch03.htm>>
- Seitzinger, S., Mayorga, E., Bouwman, A., Kroeze, C., Beusen, A., Billen, G., . . . Harrison, J. (2010.). *Global river nutrient export: A scenario analysis of past and future trends. Global Biogeochemical Cycles 24*.
- UNEP. (2011.). *Towards a green economy: pathways to sustainable development and poverty eradication. United Nations Environment Programme*. Nairobi.

Anexos**Variables medidas en la investigación***Tabla 7: Variable Altura de la planta*

PLANTAS	ALTURA (m)	
	60% Etc	40% Etc
TENSIOMETRO	0,65	0,62
A1-B1	0,83	0,65
A2-B2	0,64	0,75
A3-B3	0,54	-
PROMEDIO	0,665	0,673

Tabla 8: Variable Número de tallos por macolla

PLANTAS	NÚMERO DE TALLOS POR MACOLLA	
	60% Etc	40% Etc
TENSIOMETRO	23	15
A1-B1	26	17
A2-B2	20	18
A3-B3	22	15,67
PROMEDIOS	22,75	16,41

Tabla 9: Variable número de hojas por macolla

PLANTAS	NÚMERO DE HOJA POR MACOLLA	
	60%	40%
TENSIOMETRO	159	68
A1-B1	170	87
A2-B2	171	93
A3-B3	183	74
PROMEDIOS	170,75	80,5

Tabla 10: Número de hojas por tallo

PLANTAS	NÚMERO DE HOJAS POR TALLO	
	60% ETc	40% ETc
TENSIOMETRO	7	5
A1-B1	7	5
A2-B2	9	5
A3-B3	8	5
PROMEDIOS	8	5

Tabla 11: Rendimiento de materia verde por planta (Mv) (gr)

PLANTAS	RENDIMIENTO DE MATERIA VERDE POR PLANTA (MV) (gr)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	248	192
A1-B1	334	163
A2-B2	185	167
A3-B3	255	146
PROMEDIOS	255,5	167

Tabla 12: Rendimiento de materia verde por Ha (kg)

PLANTAS	REDIMIENTO DE MATERIA VERDE POR Ha (kg)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	2480	1920
A1-B1	3340	1630
A2-B2	3070	1863,33
A3-B3	2370	1804,44
PROMEDIOS	2815	1804,44

Tabla 13: Rendimiento de materia seca por planta (Ms) (gr)

PLANTAS	RENDIMIENTO DE MATERIA SECA POR PLANTA (MS) (gr)	
	60% ETc	40% ETc.
TENSIÓMETRO	17	65
A1-B1	11	70
A2-B2	20	60,33
A3-B3	16	68,44
PROMEDIOS	16	65,94

Tabla 14: Porcentaje de materia seca

PLANTAS	PORCENTAJE DE MATERIA SECA	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	27,92380952	49,55813953
A1-B1	24,58878505	37,05633803
A2-B2	25,76470588	35,65420561
A3-B3	22,51136364	37,18
PROMEDIOS	25,19	39,86

Tabla 15: Relación hoja/tallo (RHT)

PLANTAS	RELACIÓN HOJA/TALLO (RHT)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	1,333333333	0,955555556
A1-B1	1,548	1,392156863
A2-B2	1,81372549	1,509259259
A3-B3	1,725490196	1,45
PROMEDIOS	1,605	1,326

Tabla 16: Eficiencia del uso de agua en materia verde (m³/kg)

PLANTAS	EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN MATERIA VERDE (m ³ /kg)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	0,349588374	0,180609809
A1-B1	0,259574601	0,212742843
A2-B2	0,282403637	0,35
A3-B3	0,589781746	0,44
PROMEDIOS	0,3703	0,2858

Tabla 17: Rendimiento por Ha de materia seca (kg)

PLANTA	RENDIMIENTO POR Ha DE MATERIA SECA (kg)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	692,514762	951,516279
A1-B1	821,2654206	604,01831
A2-B2	790,9764706	694,59
A3-B3	330,9170455	750,04
PROMEDIOS	658,91	750,04

Tabla 18: Eficiencia del uso del agua en materia seca (m³/kg)

PLANTAS	EFICIENCIA DEL USO DE AGUA EN MATERIA SECA (m ³ /kg)	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	1,251936536	0,36444025
A1-B1	1,055662573	0,57410649
A2-B2	1,096087177	0,45788871
A3-B3	1	0,48235624
PROMEDIOS	1,1009	0,469

Tabla 19: Área foliar

PLANTAS	ÁREA FOLIAR	
	60% ETc	40% ETc
TENSIÓMETRO	0,29643	0,12
A1-B1	0,33616	0,10465
A2-B2	0,21369	0,13798
A3-B3	0,322566	0,11
PROMEDIOS	0,2922	0,1181

Tabla 20: Lectura de los tensiómetros

FECHAS	LECTURA DE LOS TENSÍOMETROS	
	60% ETC	40% ETC
19/01/2020	54	36
20/01/2020	55	40
21/01/2020	60	53
22/01/2020	0	50
23/01/2020	0	53
24/01/2020	0	52
25/01/2020	0	40
26/01/2020	0	40
27/01/2020	0	0
28/01/2020	0	0
29/01/2020	0	0
30/01/2020	0	0
31/01/2020	0	0
01/02/2020	0	0
02/02/2020	0	0
03/02/2020	0	0
04/02/2020	0	0
05/02/2020	0	0
06/02/2020	0	0
07/02/2020	0	0
08/02/2020	0	0
09/02/2020	0	0
10/02/2020	0	0
11/02/2020	0	0
12/02/2020	68	56
13/02/2020	70	58
14/02/2020	66	64
15/02/2020	63	67
16/02/2020	63	67
17/02/2020	66	67
18/02/2020	0	76
19/02/2020	0	77

Tabla 21: Información climática que se utilizó para calcular el ETo

FECHAS		EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA	VOLÚMEN DE AGUA POR FUNDA	COEFICIENTE DEL CULTIVO	EVAPOTRANSPIRACIÓN DEL CULTIVO	BALANCE HÍDRICO	BALANCE HÍDRICO
		ET0 (mm/día)	VAF (litros)	KC	ETC (mm/día)	60%	40%
PRIMERA ETAPA	07/01/2020	2	0,19	1,01	0,194	0,117	0,078
	08/01/2020	2,3	0,22	1,01	0,223	0,134	0,089
	09/01/2020	3,2	0,31	1,01	0,311	0,187	0,124
	10/01/2020	3,7	0,36	1,01	0,360	0,216	0,144
	11/01/2020	2,7	0,26	1,01	0,262	0,157	0,105
	12/01/2020	3,5	0,34	1,01	0,340	0,204	0,136
	13/01/2020	2,7	0,26	1,01	0,262	0,157	0,105
	14/01/2020	2,1	0,20	1,01	0,204	0,122	0,082
	15/01/2020	2,2	0,21	1,01	0,214	0,128	0,086
	16/01/2020	2,3	0,22	1,01	0,223	0,134	0,089
	17/01/2020	2,2	0,21	1,01	0,214	0,128	0,086
	18/01/2020	2	0,19	1,01	0,194	0,117	0,078
	19/01/2020	2,1	0,20	1,01	0,204	0,122	0,082
	20/01/2020	3,7	0,36	1,01	0,360	0,216	0,144
21/01/2020	2	0,19	1,01	0,194	0,117	0,078	
SEGUNDA ETAPA	22/01/2020	3,8	0,37	1,19	0,435	0,261	0,174
	23/01/2020	2,1	0,20	1,19	0,240	0,144	0,096
	24/01/2020	3,2	0,31	1,19	0,366	0,220	0,147
	25/01/2020	2,4	0,23	1,19	0,275	0,165	0,110

	26/01/2020	1,9	0,18	1,19	0,218	0,131	0,087
	27/01/2020	3,9	0,38	1,19	0,447	0,268	0,179
	28/01/2020	2,9	0,28	1,19	0,332	0,199	0,133
	29/01/2020	2,8	0,27	1,19	0,321	0,192	0,128
	30/01/2020	2,3	0,22	1,19	0,263	0,158	0,105
	31/01/2020	2,6	0,25	1,19	0,298	0,179	0,119
	01/02/2020	2,4	0,23	1,19	0,275	0,165	0,110
	02/02/2020	3,3	0,32	1,19	0,378	0,227	0,151
	03/02/2020	3,5	0,34	1,19	0,401	0,240	0,160
	04/02/2020	3	0,29	1,19	0,343	0,206	0,137
	05/02/2020	3,4	0,33	1,19	0,389	0,234	0,156
TERCERA ETAPA	06/02/2020	4,1	0,39	1,53	0,604	0,362	0,241
	07/02/2020	2,4	0,23	1,53	0,353	0,212	0,141
	08/02/2020	3,1	0,30	1,53	0,456	0,274	0,183
	09/02/2020	3,3	0,32	1,53	0,486	0,291	0,194
	10/02/2020	2,1	0,20	1,53	0,309	0,185	0,124
	11/02/2020	2,6	0,25	1,53	0,383	0,230	0,153
	12/02/2020	2,4	0,23	1,53	0,353	0,212	0,141
	13/02/2020	2,5	0,24	1,53	0,368	0,221	0,147
	14/02/2020	2,5	0,24	1,53	0,368	0,221	0,147
	15/02/2020	1,9	0,18	1,53	0,280	0,168	0,112
	16/02/2020	2,5	0,24	1,53	0,368	0,221	0,147
	17/02/2020	2,2	0,21	1,53	0,324	0,194	0,130
	18/02/2020	2,3	0,22	1,53	0,339	0,203	0,135
	19/02/2020	3,7	0,36	1,53	0,545	0,327	0,218

Tabla 22: Cálculo de las láminas de agua

Días	Tem Max (°C)	TEM MIN (°C)	HR% MAX	HR % MIN	VEL VIENTO (M/S)	INSOLACIÓN HORAS	ETO PENMAN (MM/DIA)
07/01/2020	25,00	24,15	94,58	90,20	1,5	0	2
08/01/2020	26,27	25,14	90,12	84,29	1,5	0,53	2,3
09/01/2020	26,86	25,41	87,29	79,25	1,5	3,65	3,2
10/01/2020	27,12	25,63	85	78,91	1,5	5,88	3,7
11/01/2020	26,00	24,67	92,37	86,87	2,99	2,76	2,7
12/01/2020	27,03	25,66	90,20	83,54	1,5	5,34	3,5
13/01/2020	27,07	25,71	89,66	82,75	1,5	1,88	2,7
14/01/2020	24,99	24,06	96,83	92,16	0	0,71	2,1
15/01/2020	25,95	24,92	92,87	86,79	1,5	0,35	2,2
16/01/2020	25,81	24,64	95,56	90,13	0	0	2,3
17/01/2020	26,26	25,05	95,45	89,81	1,5	0,88	2,2
18/01/2020	25,6	24,74	95,95	92	1,5	0,18	2
19/01/2020	26,7	25,58	91,21	84,73	1,5	0,35	2,1
20/01/2020	28,10	26,69	87,95	80,34	2,99	5,29	3,7
21/01/2020	25,71	24,66	96,47	91,30	1,5	0,24	2
22/01/2020	27,10	25,51	90,08	81,47	1,5	6,49	3,8
23/01/2020	26,54	25,25	93,54	86,54	1,5	0,71	2,1
24/01/2020	26,79	25,52	92,73	86,30	1,5	4,29	3,2
25/01/2020	26,45	25,29	94,40	87,36	1,5	1,12	2,4
26/01/2020	26,34	25,10	90,10	86,20	2,99	3,12	1,9
27/01/2020	27,53	26,04	88,65	80,08	1,5	6,53	3,9

28/01/2020	26,74	25,44	89,19	81,50	1,5	2,54	2,9
29/01/2020	27,05	25,60	92,39	85,60	1,5	4,18	2,8
30/01/2020	26,62	25,66	93,04	87,09	1,5	0,53	2,3
31/01/2020	26,45	25,07	92,59	85,68	1,5	2,7	2,6
01/02/2020	26,46	25,25	91,69	85,65	1,5	0,47	2,4
02/02/2020	27,02	25,30	90,40	85,08	1,5	4,23	3,3
03/02/2020	27,71	26,26	90,47	82,86	2,99	3,53	3,5
04/02/2020	26,88	26,63	90,26	82,73	1,5	2,94	3
05/02/2020	27,46	26,06	90,13	82,17	2,99	4,06	3,4
06/02/2020	27,67	26,31	89,56	81,78	4,48	6,88	4,1
07/02/2020	26,21	25,00	93,56	87,56	1,5	1,11	2,4
08/02/2020	24,26	25,36	94,26	87,60	1,5	3,82	3,1
09/02/2020	26,39	25,10	95,62	90,05	1,5	4	3,3
10/02/2020	26,10	25	95,47	90,86	1,5	0	2,1
11/02/2020	27,25	26,02	91,65	81,30	1,5	1,29	2,6
12/02/2020	26,86	25,67	91,72	85,72	1,5	0,82	2,4
13/02/2020	26,67	25,48	92,77	86,40	1,5	1,05	2,5
14/02/2020	26,35	25,03	96,82	91	1,5	1,82	2,5
15/02/2020	24,96	24,20	98,68	95,86	1,5	0	1,9
16/02/2020	26,81	25,64	93,91	87,52	2,99	1	2,5
17/02/2020	26,33	25,25	96,40	91,27	1,5	0,76	2,2
18/02/2020	26,67	25,45	96,65	91,04	1,5	0,94	2,3
19/02/2020	28,04	26,58	89,18	80,5	0	5,59	3,7

Tabla 23: Programación de riego

MESES	Eto	Kc	Etc (mm/día)	PORCENTAJE DE Etc. (60%)	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					
OCTUBRE	2,69	1,01	2,709	1,63	-	-	-	70,72	21,22	0,06	30,10	1,63	SE RIEGA	18,52	8,13	11,56	3,79	3,05
		1,19	3,201	1,92								1,92	RIEGA	15,67	9,60	13,66		3,61
NOVIEMBRE	2,73	1,19	3,249	1,95	-	-	-	70,72	21,22	0,06	30,10	1,95	SE RIEGA	15,44	9,75	13,86	3,79	3,66
		1,53	4,177	2,51								2,51	RIEGA	12,01	12,53	17,82		4,71

Tabla 24: Análisis estadístico de la Eficiencia del uso del agua en Materia seca

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	EFICIENCIA DEL USO DE AGUA. {40%Etc} {60%Etc}	4	4	0,34	0,85	-0,50	-0,79	-0,22	0,03	0,03	0,9961	-4,29	6	0,0052	Bilateral		

Tabla 25: Análisis estadístico de la Eficiencia del uso del agua en Materia Verde

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	EFICIENCIA DEL USO DE AGUA. {40%Etc} {60%Etc}	4	4	0,34	0,85	-0,50	-0,79	-0,22	0,03	0,03	0,9961	-4,29	6	0,0052	Bilateral		

Tabla 26: % de materia seca

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	% DE MATERIA SECA {40%Etc} {60%Etc}	4	4	39,86	25,20	6,25	23,09	42,28	5,11	0,1162	4,26	6	0,0053	Bilateral		

Tabla 27: *Altura de la Planta*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	Media(1)-Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	Alt. Planta (cm)	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	63,25	66,50	-3,25	-22,33	15,83	97,58	145,67	0,7500	-0,42	6	0,6914	Bilateral

Tabla 28: *Hojas por Macolla*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	Hojas por macolla	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	80,50	170,75	-108,75	-71,75	132,33	96,25	0,7998	-11,94	6	<0,0001	Bilateral

Tabla 29: *Hojas por tallo*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	Hojas por macolla	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	80,50	170,75	-108,75	-71,75	132,33	96,25	0,7998	-11,94	6	<0,0001	Bilateral

Tabla 30: *Área foliar*

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHomVar	T	gl	p-valor	prueba
Tratamientos	ÁREA FOLIAR (m2)..	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	0,12	0,29	-0,24	-0,10	2,1E-04	3,0E-03	0,0565	-6,14	6	0,0009	Bilateral

Tabla 31: Materia Seca por Ha

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor prueba	
Tratamientos	MATERIA SECA POR Ha (kg)	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	750,04	658,92	-238,30	420,55	21663,58	50836,55	0,5018	0,68	6	0,5237	Bilateral

Tabla 32: Materia Verde por Ha

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor prueba	
Tratamientos	MATERIA VERDE POR Ha (kg)	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	1804,44	2815,00	-1600,76	-420,35	15750,49	216966,67	0,0586	-4,19	6	0,0058	Bilateral

Tabla 33: Relación Hoja/Tallo

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor prueba	
Tratamientos	Relación hoja/tallo	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	1,33	1,61	-0,68	0,12	0,06	0,05	0,8003	-1,69	6	0,1420	Bilateral

Tabla 34: Tallo por macolla

Clasific	Variable	Grupo 1	Grupo 2	n(1)	n(2)	Media(1)	Media(2)	LI(95)	LS(95)	Var(1)	Var(2)	pHom	Var T	gl	p-valor prueba	
Tratamientos	Tallos por macolla	{40%Etc}	{60%Etc}	4	4	16,42	22,75	-9,80	-2,86	1,80	6,25	0,3347	-4,46	6	0,0043	Bilateral



Ilustración 2: Nivelación de terreno



Ilustración 3: Recolección de la sepa



Ilustración 4: Llenado de fundas plásticas



Ilustración 5: Sepa sembrada con pequeños brotes



Ilustración 6: Comportamiento del pasto King grass morado a los 15 días, ensayo de 40%



Ilustración 7: Comportamiento del pasto king grass morado a los 15 días ensayo del 60%



Ilustración 8: Comportamiento de la planta a los 45 días con láminas de riego del 40%.



Ilustración 9: Comportamiento de las plantas a los 45 días con láminas de riego del 60%



Ilustración 10 : Corte final, recolección de materia verde, materia seca y tallos



Ilustración 11: Planta con láminas de riego del 40%



Ilustración 12: Aplicación de riego con los diferentes volúmenes de agua



Ilustración 13: Tensiómetro del tratamiento de 60%