



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EFFECTOS DE LÁMINAS DE RIEGO EN EL
RENDIMIENTO DEL PASTO BUFFER (*Cenchrus ciliaris*
L.) EN RÍO VERDE, PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

Autora: Nicole Estefanía Marín Herrera

La Libertad, 2021



Universidad Estatal Península de Santa Elena

Facultad de Ciencias Agrarias

Carrera de Agropecuaria

**EFFECTOS DE LÁMINAS DE RIEGO EN EL RENDIMIENTO
DEL PASTO BUFFER (*Cenchrus ciliaris* L.) EN RÍO VERDE,
PROVINCIA DE SANTA ELENA**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERA AGROPECUARIA

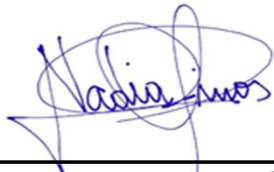
Autor(a): Nicole Estefanía Marín Herrera.

Tutora: Ing. Ligia Araceli Solís Lucas Ph.D.

Co tutor: Ing. Agr. Ángel Rodolfo León Mejía., MSc.

La Libertad, 2021

TRIBUNAL DE GRADO



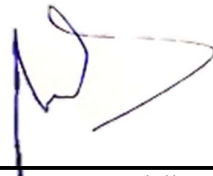
Ing. Nadia Quevedo Pinos, Ph.D.
**DIRECTORA DE CARRERA
DE AGROPECUARIA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Agr. Ángel León Mejía, MSc.
**PROFESOR ESPECIALISTA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Ligia Araceli Solís Lucas, Ph.D.
**PROFESORA TUTORA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL**



Ing. Andrés Drouet Candell, MSc.
**PROFESOR GUÍA DE LA UIC
SECRETARIO**

AGRADECIMIENTOS

Siempre encontraré motivos para darle gracias a Dios, porque todo lo que he logrado se lo debo a él; estoy segura y sé que estuvo conmigo en todo momento.

Mi gratitud a mis padres Rocío Herrera y Emilio Marin quienes han inculcado valores y principios en mí, para llegar a ser una mujer de bien, por su apoyo absoluto al darme los consejos de superación que constantemente los tengo presente, por su amor incondicional, por su arduo trabajo en educarme y sobre todo por confiar en mí. A mi tía Elenita y mi abuelita Teresita, quienes me criaron, esto se lo debo a ustedes porque son mi motivación, mi refugio, mi compañía; les agradezco por su ayuda ilimitada, porque sé que puedo contar con ustedes. Agradezco de todo corazón a mi familia que me ha apoyado en cada momento, porque sus consejos han contribuido en mi formación personal y académica.

Como no agradecerle a mi tío Byron Orrala, que desde que tengo uso de razón ha compartido conmigo, me ha visto crecer, con el tiempo lo he considerado como un segundo padre; ha estado para mí en todo momento, con su apoyo incondicional, brindándome ayuda en mis labores, formando parte de este proceso.

En el largo camino de la vida te encuentras con personas maravillosas, a mis amigos y en especial a Gabriel Meneses, quien siempre me ha ayudado en el trascurso de la carrera, por trasmitirme sus conocimientos, por demostrarme que podemos ayudarnos los unos a los otros y regocijarnos por los éxitos.

Agradezco a la familia (Sotomayor Chacón) quienes me ha brindado su confianza y apoyo fundamental para culminar mi tesis.

Agradezco a los docentes por brindarme todos sus conocimientos, en especial a la Ing. Araceli Solís, quien ha sido mi tutora y guía durante el desarrollo de este trabajo de titulación

Eternamente agradecida con todo.

Ella ya es toda una mujer, con carácter, con sueños que no tienen límites, que se ha formado con esfuerzo, con valentía, con coraje; parece muy débil, muy vulnerable pero solo es percepción, aprendió que la vida no es fácil y requiere de perseverancia de lucha de valentía y ella logró hacerlo, aunque al principio fue una batalla muy dura para ella creció y ahora es toda una mujer.

(Autor Nicolé Marin, 2019)

DEDICATORIA

La fuerza y la valentía que tenemos para seguir adelante no viene de nosotros mismos, sino de un ser supremo que nos ama, dedico esta tesis a Dios por permitirme cumplir los anhelos de mi corazón, culminar esta etapa de mi vida que es la más importante, como es mi formación profesional.

Tengo a muchas personas en mente a quienes dedicarles esté, uno de mis mayores logros, de manera general a mis padres, quienes forjaron en mí bases de superación; siendo la principal protagonista Roció mi mamá, la que ha sido y será el pilar fundamental de mi vida, mi ejemplo a seguir, la que ha formado esta mujer con valores y principios, siendo mi guía, mi apoyo para seguir por el camino del bien, la que me ha enseñado que somos capaces de lograr todo lo que deseamos con mucha dedicación y empeño, por disciplinarme sentando en mi responsabilidad.

Los padres son los responsables de la educación de los hijos, durante mi formación y educación estuvieron mis padres, esto también va dedicado a mi papá Emilio quien siempre ha estado para mí apoyándome y acompañándome en mis estudios por el tiempo que me dedico dándome cariño, amor por la paciencia que me tenía ya que su sacrificio y esfuerzo jamás fue en vano, a la vez estoy eternamente agradecida.

Mi segunda madre Teresa, mi abuelita, a quien considero una mujer virtuosa, que con su cariño y su amor ha contribuido y ha sido parte de todo este logro, no sin antes olvidarme de otra gran mujer, como es mi tía Elenita, la persona que me vio crecer, la que ha estado para mí incondicionalmente, mi consejera, mi confidente; esto también va dedicado para usted.

Sin duda alguna la lista es muy larga, pero por supuesto, no me puedo olvidar de mis hermanos: (José y Andrés) y mi hermana (Sara), quienes han estado siempre para mí; a mi tío (Alcobito) y mis tías (Mary, Corina y Cristina), los cuales son protagonistas por sus consejos, enseñanzas y valores, por sus motivaciones constantes

Esto va dedicado a ustedes, quienes han sido protagonistas y parte de todo este logro.

RESUMEN

El presente proyecto se focalizó en evaluar el efecto de diferentes láminas de riego sobre el rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena, al no existir estudios sobre las necesidades hídricas en función de la producción de esta especie que podría ser una alternativa para el consumo nutricional de los rumiantes, puesto que podría mejorar los índices de productividad en la localidad. Para efectuar el ensayo se utilizó un diseño bloque completamente al azar (BCA) con tres tratamientos que correspondieron a las láminas de riego (80%, 100% y 120%) y 4 repeticiones, un total de 12 unidades experimentales. Los datos se tomaron cada semana durante un mes. Las variables medidas fueron: altura de la planta, longitud y ancho de la hoja medidos cada 7 días durante un mes y el rendimiento de biomasa a los 30 días. Los datos de las variables evaluadas al ser sometidos al análisis de la varianza y las medias comparadas con la prueba de Tukey ($p < 0.05$) mostraron diferencias significativas, con el T₃ con la lámina al 120% que presenta mayor altura longitud y ancho de hoja con 52.82 cm ,29.52 cm 0.68 cm, El rendimiento de biomasa no presentó diferencia significativa entre los tratamientos, sin embargo, el T₃ con 39.25 t/ha superó numéricamente a los otros tratamientos.

Palabras claves: biomasa, infiltración, necesidades hídricas, variables agronómicas.

ABSTRACT

This project focused on evaluating the effect of different irrigation rates on the yield of buffer grass (*Cenchrus ciliaris* L.) in the commune of Río Verde, province of Santa Elena, since there are no studies on the water requirements for the production of this species, which could be an alternative for the nutritional intake of ruminants, since it could improve the productivity indexes in the locality. To carry out the trial, a completely randomized block design (BCA) was used with three treatments corresponding to the irrigation rates (80%, 100% and 120%) and 4 replications, a total of 12 experimental units. Data were collected every week for one month. The variables measured were: plant height, leaf length and leaf width measured every 7 days for one month and biomass yield at 30 days. The data of the evaluated variables when subjected to analysis of variance and the means compared with Tukey's test ($p < 0.05$) showed significant differences, with T₃ with the 120% lamina presenting greater height length and leaf width with 52.82 cm, 29.52 cm 0.68 cm. The biomass yield did not present significant difference between treatments, however, T₃ with 39.25 t/ha numerically surpassed the other treatments.

Keywords: biomass, infiltration, water requirements, agronomic variables.

"El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena".



Nicole Estefania Marín Herrera

ÍNDICE

| | |
|---|----------|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA | 4 |
| 1.1 Generalidades del pasto buffer..... | 4 |
| 1.2 Necesidades hídricas del pasto buffer | 4 |
| 1.3 Riego por aspersión..... | 4 |
| 1.4 Componentes de los sistemas de riego por aspersión..... | 4 |
| 1.4.1 Los aspersores | 4 |
| 1.4.2 Depósito de Agua..... | 5 |
| 1.4.3 Red de Tuberías..... | 5 |
| 1.5 Tipo de Sistemas | 5 |
| 1.5.1 Sistemas fijos | 6 |
| 1.5.2 Sistemas semifijos..... | 6 |
| 1.5.3 Sistemas móviles..... | 6 |
| 1.6 Tipo de Aspersores..... | 6 |
| 1.7 El mecanismo de giro..... | 6 |
| 1.8 Número de boquillas | 7 |
| 1.8.1 Según el ángulo de salida del chorro..... | 7 |
| 1.8.2 Según el ángulo de salida del chorro..... | 8 |
| 1.8.3 Según la velocidad de giro | 8 |
| 1.9 Marco de riego | 8 |
| 1.10 Disposición de los aspersores..... | 8 |
| 1.10.1 Disposición real o cuadrado | 9 |
| 1.10.2 Disposición en triangulo..... | 9 |
| 1.10.3 Disposición en rectángulo | 9 |
| 1.11 Evapotranspiración (Eto)..... | 10 |
| 1.12 Punto de marchitez permanente(PMP)..... | 10 |
| 1.13 Capacidad de campo (CC)..... | 11 |
| 1.14 Infiltración de agua en el suelo | 11 |
| 1.15 Coeficiente del cultivo (kc)..... | 12 |
| 1.16 Lámina de Riego (Lr)..... | 12 |
| 1.17 Lámina bruta (Lb) | 13 |
| 1.18 Lámina Neta(Ln)..... | 13 |

| | |
|--|-----------|
| 1.19 Intervalo de riego | 13 |
| 1.20 Tiempo de riego | 14 |
| 1.21 Planificación del riego..... | 14 |
| 1.22 Adaptación y respuesta de las pasturas a la escasez de agua | 15 |
| 1.22.1 Adaptaciones morfológicas | 15 |
| 1.22.2 Adaptaciones morfológicas | 15 |
| 1.23 Rendimiento del pasto alemán <i>Echinochloa polystachya</i> L..... | 15 |
| 1.24 Rendimiento del pasto <i>Cynodon dactylon</i> L. | 16 |
| 1.25 Consumo de agua del pasto <i>Cynodon dactylon</i> L. | 16 |
| 1.26 Producción de biomasa del pasto <i>Pennisetum</i> sp | 17 |
| CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS..... | 18 |
| 2.1 Localización y descripción del lugar de estudio | 18 |
| 2.2 Características edafoclimáticas | 18 |
| 2.2.1 Características Climáticas | 18 |
| 2.3 Características del suelo y agua en el Centro de Apoyo Río Verde (UPSE) | 19 |
| 2.3.1 Características de suelo | 19 |
| 2.3.2 Características del agua..... | 19 |
| 2.4 Materiales y Equipo | 20 |
| 2.4.1 Material Biológico | 20 |
| 2.4.2 Materiales..... | 20 |
| 2.5 Tratamiento y diseño experimental..... | 20 |
| 2.5.1 Delineamiento experimental | 21 |
| 2.6 Manejo del experimento..... | 22 |
| 2.6.1 Resiembra..... | 22 |
| 2.6.2 Control Fitosanitario..... | 22 |
| 2.6.3 Corte de Igualación | 22 |
| 2.6.4 Riego..... | 23 |
| 2.7 Elección del aspersor..... | 29 |
| 2.8 Variables a evaluar | 30 |
| 2.8.1 Análisis estadístico..... | 31 |
| CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 32 |
| 3.1. Variables agronómicas del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) | 32 |
| 3.1.1. Altura de la planta del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) a los 7,14,21 y 28 días.. | 32 |
| 3.1.2. Longitud de hoja del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) a los 7,14,21 y 28 días | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1.3. Ancho de hoja del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) a los 7,14,21 y 28 días | 34 |
| 3.1.4. Rendimiento de forraje verde t/ha ⁻¹ del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) a los 7,14,21 y 28 días..... | 35 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 37 |
| Conclusiones | 37 |
| Recomendaciones..... | 37 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Variación de presión para riego por aspersión..... | 6 |
| Tabla 2. Coeficiente del Cultivo (Kc) | 12 |
| Tabla 3. Promedio de la variable biomasa (kg/m ²) a los 28 días de evaluación..... | 16 |
| Tabla 4. Promedio de los valores de la producción de la biomasa (kg/m ²). | 16 |
| Tabla 5. Lámina total y uso eficiente del agua en cada tratamiento durante los 28 días..... | 17 |
| Tabla 6. Altura de la planta a los 15,30 días cosecha del pasto King grass morado | 17 |
| Tabla 7. Datos climáticos durante el desarrollo de la investigación. | 18 |
| Tabla 8. Clasificación textural del suelo. | 19 |
| Tabla 9. Características químicas del suelo..... | 19 |
| Tabla 10. Características físicas- químicas del análisis de agua. | 20 |
| Tabla 11. Descripción de los tratamientos. | 21 |
| Tabla 12. Grados de libertad del ensayo | 21 |
| Tabla 13. Delineamiento del ensayo | 21 |
| Tabla 14. Valores de infiltración del suelo. | 25 |
| Tabla 15. Características del aspersor. | 29 |
| Tabla 16. Altura de planta del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) 7, 14, 21,28 días, cm. | 32 |
| Tabla 17. Longitud de la hoja del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) 7, 14, 21,28 días, cm..... | 33 |
| Tabla 18. Ancho de hoja del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) 7, 14, 21,28 días, cm..... | 34 |
| Tabla 19. Rendimiento del pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L). en forraje verde t/ha ⁻¹ | 35 |
| Tabla 20. Dosis de agua aplicada al pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.) | 35 |
| Tabla 21. Programación de riego para el pasto buffer (<i>Cenchrus ciliaris</i> L.)..... | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Aspersor en marco de riego cuadrado | 9 |
| Figura 2. Aspersor en marco de riego triangular..... | 9 |
| Figura 3. Aspersor en marco de riego rectangular | 10 |
| Figura 4. Delineamiento experimental..... | 22 |
| Figura 5. Curva de Infiltración de agua acumulada en el suelo | 25 |
| Figura 6. Curva de producción en relación con el volumen de agua aplicada al pasto buffer..... | 36 |

ÍNDICE DE ANEXOS

- Tabla 1A.** Altura de la planta a los 7 días
- Tabla 2A.** Análisis de la varianza de altura de la planta a los 7 días
- Tabla 3A.** Altura de la planta a los 14 días
- Tabla 4A.** Análisis de la varianza de altura de la planta a los 14 días
- Tabla 5A.** Altura de la planta a los 21 días
- Tabla 6A.** Análisis de la varianza de altura de la planta a los 21 días
- Tabla 7A.** Altura de la planta a los 28 días
- Tabla 8A.** Análisis de la varianza de altura de la planta a los 28 días
- Tabla 9A.** Longitud de la hoja a los 7 días
- Tabla 10A.** Análisis de la varianza de la longitud hoja a los 7 días
- Tabla 11A.** Longitud de la hoja a los 14 días
- Tabla 12A.** Análisis de la varianza de longitud de la hoja a los 14 días
- Tabla 13A.** Longitud de la hoja a los 21 días
- Tabla 14A.** Análisis de la varianza longitud de la hoja a los 21 días
- Tabla 15A.** Longitud de la hoja a los 28 días
- Tabla 16A.** Análisis de la varianza de longitud de la hoja a los 28 días
- Tabla 17A.** Ancho de la hoja a los 7 días
- Tabla 18A.** Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 7 días
- Tabla 19A.** Ancho de la hoja a los 14 días
- Tabla 20A.** Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 14 día
- Tabla 21A.** Ancho de la hoja a los 21 días
- Tabla 22A.** Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 21 día
- Tabla 23A.** Ancho de la hoja a los 28 días
- Tabla 24A.** Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 28 días
- Tabla 25A.** Rendimiento en t/ha^{-1}
- Tabla 26A.** Análisis de la varianza al rendimiento en t/ha^{-1}

Figura 1A. Análisis de Agua

Figura 2A. Análisis de Suelo

Figura 3A. Programación de riego para el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.)

Figura 4A. Reconocimiento del área experimental

Figura 5A. Ubicación de los aspersores en cada elevador del sistema de riego por aspersión

Figura 6A. Instalación de elevadores para el sistema de riego por aspersión

Figura 8A. Toma de datos a los 7 días después del corte de igualación

Figura 9A. Toma de datos a los 14 días después del corte de igualación

Figura 10A. Toma de datos a los 28 días después del corte de igualación

Figura 11A. Pesaje del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.)

INTRODUCCIÓN

En el sector agrícola el rendimiento de los pastos varía de acuerdo al clima que presentan los trópicos y subtrópicos, por la escasez de las precipitaciones, de donde nace la necesidad de generar conocimientos adecuados con respecto al buen uso del agua y de los sistemas de riego (Ramírez *et al.*, 2017).

Los pastos en el trópico forman parte del alimento nutricional de la producción de los rumiantes (bovino caprino y ovino), es decir, constituyen la dieta básica y sobre todo la más económica. Sin embargo, la producción es irregular en cuanto a cantidad y calidad debido a la deficiencia hídrica en el sector agrícola (Perozo, 2013).

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria, los pastos ocupan una superficie nacional de 1'985.494 hectáreas en el año 2019, con un descenso al 16,5% con respecto al año anterior; este descenso se da en los cultivos que no reciben labores culturales como riego, fertilización y técnicas fitosanitarias. De acuerdo a recopilación de datos del (Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC, 2019), la superficie agrícola se concentra en la Costa con el 53,3%, en la Sierra el 27,3% y en la Amazonia el 17,2% .

Los antecedentes de las condiciones edafoclimáticas han influenciado en el sector pecuario de la provincia de Santa Elena dificultando la implementación de pastos de calidad en su valor nutritivo, que no permite tener una mayor capacidad de carga y altos rendimientos (MAG, 2017).

El riego es necesario para compensar el déficit de transpiración del cultivo y evaporación del suelo, constituye una aplicación artificial que se distribuye uniformemente en las plantas, sin que reciban excesos de agua que puedan provocar daños y pérdidas (Pereira *et al.*, 2010).

En la actualidad, el recurso hídrico ha tenido una creciente demanda en el sector agrícola, siendo este el principal consumidor de agua, aunque este recurso es limitado en diferentes zonas o localidades. Es por ello, que mediante estudios y manejos

tecnificados se ha puesto atención a los métodos de riego que son aplicados a la gran variedad de cultivos, optimizando así el uso de agua disponible (Fernández, 2020).

En la provincia de Santa Elena se desconoce la demanda hídrica del pasto buffer, a pesar de que es un recurso forrajero de gran potencial para el pastoreo extensivo; esta especie se caracteriza por poseer resistencia a condiciones de humedad deficientes en zonas semiáridas donde la cobertura de pasto no se ha explotado como fuente de alimentación para la producción ganadera (GCI, 2017).

La investigación nace de la falta de información y desconocimiento sobre la aplicación de la cantidad apropiada de agua para la producción del pasto buffer. Una de las ventajas de este pasto es la adaptabilidad de esta especie en la zona de estudio, la cual podría considerarse un referente importante a tomar en cuenta como alternativa para el consumo nutricional de los rumiantes, lo cual mejoraría los índices de productividad en la localidad.

El presente estudio tiene como finalidad evaluar diferentes láminas sobre el rendimiento en el pasto buffer, como una alternativa viable para aumentar la producción y a la vez garanticen un uso eficiente del agua.

Problema Científico:

¿Cómo influyen las diferentes láminas de riego en el rendimiento de biomasa del pasto buffer ubicado en la comuna Río Verde, provincia de Santa Elena?

Objetivo General:

Evaluar el efecto de diferentes láminas de riego sobre el rendimiento en el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en la comuna Río Verde provincia de Santa Elena.

Objetivos Específicos:

- Analizar la respuesta en crecimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) a la aplicación de tres láminas de riego.
- Determinar en función del rendimiento la lámina de riego óptima, para el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.).

Hipótesis:

- La aplicación de las variaciones de láminas incide en el rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.).

CAPÍTULO 1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Generalidades del pasto buffer

Cenchrus ciliaris L. es una gramínea adaptada completamente a las condiciones agroecológicas de zonas áridas y semiáridas, que crece de manera espontánea y abundante con excelentes valores forrajeros considerada muy apetecible para el ganado, es una especie que es tolerante a la sequía y a la salinidad desarrollándose en suelos franco y francos arenosos(Bonifaz *et al.*, 2019).

1.2 Necesidades hídricas del pasto buffer

La resistencia del pasto buffer a la sequía se debe a las estructuras que se encuentran en la parte inferior de la planta llamada cormos, ya sea dentro o fuera del suelo debido a que en zonas semi áridas existen épocas de sequedad en donde el pasto se somete a un estado subyacente permitiendo la supervivencia de la especie hasta la época de invierno. Acumulando así fuentes calóricas (carbohidratos) que permiten a la planta un rebrote fornido (Bonifaz *et al.*, 2019).

1.3 Riego por aspersión

El método de riego por aspersión es un método que se basa en aplicar el recurso hídrico en la superficie del terreno en forma de lluvia. El agua es llevada a presión para ser fragmentada en varias gotas que caen uniformemente encima del suelo y plantas; para ello es necesario una red de distribución a través de aspersores debido a la elevada presión necesaria por cuanto su funcionamiento requiere de considerable energía eléctrica (Joya, 2020).

1.4 Componentes de los sistemas de riego por aspersión

1.4.1. Los aspersores

Los aspersores se encargan de fragmentar las gotas de agua para luego ser lanzadas al suelo, se caracterizan por realizar movimientos rotatorios consiguiendo un reparto homogéneo en

condiciones óptimas, aunque se ve afectado por el viento ya que el agua puede desplazarse del punto de riego provocando así zonas más húmedas. Existen aspersores que se pueden regular desde los 0° a 360 ° con estos modelos se consigue repartos homogéneos de agua y lo más importantes consigue un mejor aprovechamiento (López, 2018).

1.4.1 Depósito de Agua

Mercado (2019) menciona que los depósitos de agua son contenedores de almacenamiento de líquidos que suministran agua. Este sistema es considerado una solución muy eficaz, por lo tanto, se utiliza en gran diversidad en la agricultura, ganadería, abastecimiento personal etc., extraído de fuentes comunes; reservorios, aguas residuales, pozos, ríos, canales etc.

1.4.2 Red de Tuberías

Es una instalación que tiene por objetivo distribuir el agua desde la salida del cabezal hasta los aspersores, es decir, está formada por la red principal que transporta el agua por las tuberías secundarias o ramales y esta es transportada desde el sistema de elevación hacia los hidrantes distribuyendo agua por toda la parcela, la red de distribución puede ser fija, móvil, mixta o pueden ser combinadas (Núñez, 2015).

Los sistemas de riego por aspersión consisten en la tubería principal que por lo general es la parte del cabezal de riego y por ende alimenta a las diferentes unidades (Núñez, 2015).

González (2015) menciona que el diseño en las redes de conducciones se basa principalmente en las diferentes longitudes y diámetros de las tuberías acompañados de accesorios especiales (acoples, codos, etc.) que se utilizan para la conducción del agua que empieza desde la boca de riego hasta los emisores.

1.5 Tipo de Sistemas

En el riego por aspersión los sistemas se clasifican según la forma de instalación y operación por lo tanto se manejan en sistemas fijos, móviles y semimóviles (Solís y Yacelga, 2018).

1.5.1 *Sistemas fijos*

Se denominan sistemas fijos porque los componentes del sistema de riego como las líneas de conducción distribución y laterales se encuentran fijos o enterrados, además este sistema presenta elevados costos de instalación (Solís y Yacelga, 2018).

1.5.2 *Sistemas semifijos*

En este sistema las líneas de conducción y distribución van enterradas, mientras que en la superficie terrestre se encuentran los laterales, este método es fácil de manejar porque el agricultor tiene la disponibilidad de decidir y cambiar con facilidad las mangueras (laterales) y optar por hacer conexiones directamente de la tubería (Solís y Yacelga, 2018).

1.5.3 *Sistemas móviles*

Generalmente este sistema tiene fija la captación, por lo tanto, todas sus partes son móviles, es decir, se puede cambiar con facilidad los lugares de los elevadores y para estos sistemas se utilizan mangueras fácilmente manejables llamadas a nivel técnico laterales. Se puede optar por este sistema cuando se dispone de un solo equipo de riego (Pereira *et al.*, 2010).

1.6 Tipo de Aspersores

Los aspersores son los dispositivos que tienen la finalidad de expulsar agua en forma de lluvia, dependiendo del tipo de aspersor se pueden clasificar por los tamaños de boquillas emitiendo giros hasta los 360°, considerando la presión existente en el aspersor será el caudal emitido, así mismo, (Tabla 1) extendido el radio de cobertura del aspersor serán clasificados de acuerdo a la variación de presión (Vera y Cárdenas, 2010).

Tabla 1. Variación de presión para riego por aspersión.

| Tipos de Presiones | Presión |
|---------------------------|------------------------------|
| Presión Alta: | 70 - 140 psi 15 - 400 gpm |
| Presión Media: | 30 - 70 psi 02 - 20 gpm |
| Presión Baja | 10 - 30 psi 0.5 - 2 gpm |

Fuente: Vera y Cárdenas (2010)

1.7 El mecanismo de giro

El movimiento giratorio que presentan los aspersores se basa en el impacto de chorro del agua así mismo existen partes del accesorio que generan el mecanismo de giro produciendo golpes entrecortados sobre el aspersor causando giros pausados (Ramos y Báez, 2013).

Impacto: Según López (2018) el mecanismo giratorio de los aspersores está directamente relacionado con el impacto del chorro del agua al salir por la boquilla ocasionando el giro de la misma, a la vez efectúa el movimiento rotacional del aspersor.

Turbina o engranaje: Este mecanismo efectúa un riego más uniforme debido a que el agua pasa por una turbina siendo este medio el mecanismo de giro del aspersor, considerado fácilmente regulable tanto el alcance como el ángulo de giro (López, 2018).

Rotativo o de reacción: La salida del agua se da por la boquilla siendo la inclinación el origen del giro (López, 2018).

1.8 Número de boquillas

Ramos y Báez (2013), señala que, una de las partes más importantes en los sistemas y distribuciones de riego es la boquilla del aspersor por medio del mismo se puede identificar y a la vez determinar el alcance y la distribución de agua. Existen aspersores de una dos o más boquillas, las partes del accesorio de riego por aspersión presentan: brazo, boquilla principal y boquilla secundaria

1.8.1 Según el ángulo de salida del chorro

Aspersores de ángulo bajo: Los grados que presenta según la salida del chorro corresponden a 15 grados siendo a la vez menores o iguales con respecto al ángulo.

Aspersores de ángulo normal: Los aspersores de ángulo normal presentan ángulos entre 15 y 30 grados

Aspersor de ángulo alto: Este tipo de aspersores presentan ángulos mayores a 30 grados considerándolos de gran alcance.

1.8.2 Según el ángulo de salida del chorro

Aspersores circulares: La geometría del área que mojan en el terreno es de forma circular

Aspersores sectoriales: El ángulo de chorro no presenta un giro completo más bien tiene la opción de girar en una determinada zona de riego.

1.8.3 Según la velocidad de giro

Aspersores de giro rápido: Se denominan aspersores con velocidad rápida porque presentan velocidad de 6 vueltas por minuto (6 vueltas/min).

Aspersores de giro lento: Por la presión que se efectúa en estos emisores tienen una velocidad de $\frac{1}{4}$ a 3 vueltas por minuto este tipo de aspersor tiene mejor alcance a la vez existe mayor espaciamiento en los mismos.

1.9 Marco de riego

El marco de riego es la distancia que existe entre las líneas de riego y los aspersores, para ello se considera las curvas de nivel del terreno con el objetivo de evitar disconformidades de presión, el marco de plantación y la trayectoria del emisor para el debido traslape tomando en cuenta todos estos parámetros, se plantea el marco de riego en base a las distancias entre tuberías secundarias y aspersores de manera que toda la distribución se encuentra proporcionalmente uniforme el agua aplicado (Perea, 2015).

1.10 Disposición de los aspersores

Los aspersores son considerados fundamentales para la consideración del marco de siembra (Perea, 2015):

1.10.1 Disposición real o cuadrado:

Esta es la disposición más usual de los aspersores donde la distancia de separación entre aspersores de la misma tubería es igual a la distancia entre las tuberías de alimentación, cabe destacar que cada aspersor estaría instalado en los vértices de un cuadrado (Figura, 1). Se considera que cada aspersor riega una superficie de $S=a^2$ (Perea, 2015).

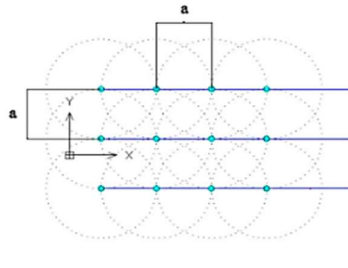


Figura 1. Aspersor en marco de riego cuadrado.

1.10.2 Disposición en triángulo:

Esta distribución es la que mejor cobertura y alcance de agua tiene, necesita menos aspersores como lo indica en la (Figura,2) para la superficie de riego, aunque cabe recalcar que en los sistemas de riego móviles es más complejo el cambio y desplazamiento de las tuberías de alimentación (Perea, 2015).

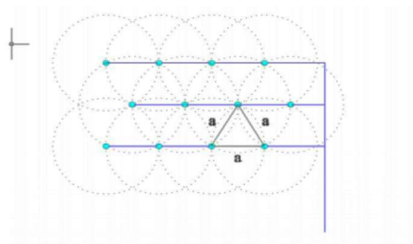


Figura 2. Aspersor en marco de riego triangular.

1.10.3 Disposición en rectángulo

La disposición de los aspersores en rectángulo no es la misma que la distancia entre separación y tuberías de alimentación (Figura, 3) por ende la superficie que moja cada aspersor es $S=a \times b$. Considerando esta disposición en zonas con vientos superiores a 2m/s y no aptos para velocidades de viento superiores a 8 m/s (Perea, 2015).

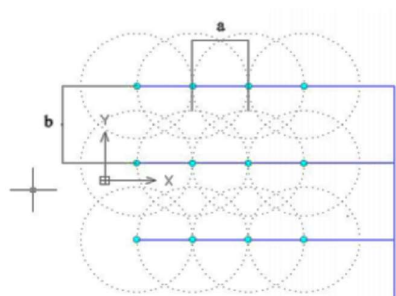


Figura 3. Aspersor en marco de riego rectangular.

1.11 Evapotranspiración (Eto)

La evapotranspiración de los cultivos está relacionada con las condiciones climáticas, es decir, evaporación de la humedad del suelo y los cultivos que se consideran un traspaso de agua de un estado líquido a un estado gaseoso o de vapor (vaporización), que esta se encuentra en la atmósfera, para que este cambio se dé, es necesario grandes cantidades de energía, por lo que la radiación solar es la que proporciona fundamentalmente esa acción energética (Cadena, 2016). Sin embargo, el aire que se encuentra en la superficie comúnmente conocido como vapor se manifiesta en mínimas escalas, por lo tanto, el ciclo de ET está controlado y limitado por los niveles de energía que se encuentran en las cubiertas vegetales siendo a la vez un parámetro climático, que su estimación se da partir de datos obtenidos en estaciones u observatorios meteorológicos (Monterroso *et al.*, 2021).

1.12 Punto de marchitez permanente (PMP)

Punto de Marchitez permanente hace referencia al porcentaje de absorción medurado en el suelo en el cual la marchitez presente en las especies vegetales se correlaciona debidamente con el contenido de agua sujeto a 15 bares. Esta humedad contenida se considera como el límite inferior de agua disponible para las plantas llegando a un nivel máximo en que las raíces ya no puedan absorber agua (Porta, *et al.*, 2019).

El flujo tardío de agua del suelo hacia la planta, es correspondiente a 15 bares de estado energético, para la mayoría de suelos arcillosos y para suelos arenosos 10 presentando así

una acción, donde las hojas caen, esto es lo que nos describe el punto donde las plantas hacen presentes las señales de marchitez (Calvache, 2013).

1.13 Capacidad de campo (CC)

Se denomina capacidad de campo al contenido de agua de una superficie terrestre que ha sido humedecido, de modo el recurso agua se ha drenado evadiendo pérdidas por evapotranspiración, normalmente este contenido se valora por el porcentaje en volumen de agua con respecto al suelo seco considerando el tiempo transcurrido en 24-48 horas después de un riego o lluvia abundante (Silva *et al.*, 2015).

La cantidad de agua contenida en el suelo que se va filtrando en determinado lapso de tiempo se considera una acción que se establece por medio de una curva de humedad cuya precisión se encuentra discontinua, a esto se le denomina capacidad de campo debido que el recurso agua se drena por la superficie terrestre a causa de este proceso el cultivo no absorbe el agua en un 100% (Morgan *et al.*, 2019).

Orson, (2021) manifiesta que se suele efectuar la capacidad de campo días después del riego por esta razón se calcula el agua que el cultivo utiliza durante el tiempo en que se infiltra a fin de que se ahorre el recurso agua, el control de manejos culturales (maleza) y la disminución de los costos de producción.

1.14 Infiltración de agua en el suelo

Se denomina infiltración al traspaso de agua en el perfil de la superficie de la corteza terrestre, por medio de esta acción nos permite determinar la cantidad de agua que penetra el suelo, de modo que se va a escurrir por el terreno, en un determinado tiempo considerando la clase textural del suelo que son: arena, limo y arcilla, así mismo se considera otros parámetros como la materia orgánica condiciones de laboreo y cultivos de la misma manera durante el proceso de transpiración, la gradiente se establece a través de cuatro medios distintos: suelo, raíz, hoja y atmósfera (Vásquez *et al.*, 2017).

Una de las características más importantes para la evaluación de un sistema de riego que corresponde al diseño y operación, es la tasa de infiltración que es una característica necesaria para conocer la curva de humedad mediante la infiltración de agua y este proceso básicamente depende de los siguientes factores: el contenido de humedad en el suelo la textura del suelo y la estructura del suelo (Rivera y Dallatorre, 2018).

1.15 Coeficiente del cultivo (kc)

Según Erazo (2015), relación existente entre la evapotranspiración real (ETc) de cada cultivo y la evapotranspiración de referencia (ETo) que esta debe ser obtenida por medio del consumo de agua de modo que describe la variación de la cantidad que las plantas absorben del suelo durante el ciclo del cultivo, en base a las características anatómicas y fisiológicas los parámetros relevantes son el crecimiento de la planta y el clima considerando los valores correspondientes a los coeficientes de cultivo de cada etapa, obteniendo la curva de evolución del coeficiente de cultivo a lo largo de todo su ciclo.

El coeficiente del cultivo permite calcular el agotamiento del recurso agua o evapotranspiración real de cualquier cultivo mediante la evapotranspiración de referencia es decir el kc cambia dependiendo del alojamiento del cultivo en las etapas de cada especie (Tabla 2) como son; etapa inicial media y final alcanzando valores de menores a 1 hasta 1,2 el kc se expresa en mm/día, mm/mes, mm/semana.(Zelaya y Rodríguez, 2021).

Tabla 2 .Coeficiente del Cultivo (Kc).

| Cultivo | Kc | | | |
|----------------|---------|-------|------------|------------|
| | Inicial | Media | Desarrollo | Maduración |
| Pasto rotación | 0,30 | 0,80 | 1,00 | 0,80 |

Fuente: FAO (2016)

1.16 Lámina de Riego (Lr)

Cantidad determinada de agua que se debe usar para aplicar en el suelo, el cual va a satisfacer las necesidades del cultivo; esto depende de la suficiencia del almacenaje de agua, además de las profundidades de las raíces o la zona de absorción, en cuanto a sus unidades de medida

son expresadas en milímetros o centímetros. Los cálculos son en función de la capacidad de retención del agua del suelo y retención del cultivo. Para poder calcular la lámina de agua se toman en cuenta el volumen de acumulación en el suelo de agua determinada por la CC y el PMP (Gavilánez y Farias, 2019).

Se denomina lámina de agua al requerimiento hídrico que necesita cada cultivo con el objetivo de abastecer con el agua necesaria optimizando a la vez el recurso hídrico para determinar se necesita la lámina bruta el intervalo de riego (Esmeraldas y Chila, 2021).

1.17 Lámina bruta (Lb)

Es la cantidad de agua que se expresa en dm o cm que se adquiere al dividir la lámina neta sobre la eficiencia de la aplicación de otra manera este valor obtenido indica la humedad necesaria para reponer la humedad consumida por el cultivo así también relacionando los factores ambientales en un lapso de tiempo (Rondan, 2016).

1.18 Lámina Neta (Ln)

La lámina neta se refiere a la cantidad de agua que se debe reponer al suelo en cada riego con el fin de cubrir con las necesidades hídricas del cultivo que han sido utilizadas durante la evapotranspiración puesto que es el volumen acumulado entre el contenido de humedad en capacidad de campo (Rivera y Rivera, 2021).

Para calcular la lámina neta de aplicación de agua se necesita conocer los siguientes datos

- La humedad disponible del suelo (CC-PMP)
- El agotamiento de la humedad disponible del suelo.
- La profundidad radical efectiva del cultivo.

1.19 Intervalo de riego

Los requerimientos de agua de los cultivos se definen como la lámina de agua necesaria para suplir la pérdida de agua a través de la evapotranspiración. Las necesidades hídricas de la mayoría de los cultivos varían de acuerdo al estado de desarrollo de los mismos, en la

medida que las raíces crecen, el área foliar se incrementa, aparecen estructuras diferentes y se enmarcan cambios en los requerimientos de agua (Moratiel , 2015).

La máxima cantidad de agua disponible que puede ser retenida por el suelo cambia de acuerdo con la textura del suelo, el contenido de materia orgánica, la profundidad de enraizamiento y estructura.

Calvache (2013) menciona que las áreas bajo riego son fundamentales en el estudio de los recursos para la sustentación de la agricultura. La eficiencia con que los agricultores riegan depende del manejo del agua durante el riego y de las características del suelo, la eficiencia del riego por aspersión representa en porcentaje el 80-85%.

1.20 Tiempo de riego

Es el tiempo que debe estar funcionando todo el sistema para el riego, por lo tanto, se expresa en horas o minutos aplicando las necesidades brutas de riego para satisfacer las necesidades totales de agua al cultivo que a la vez están expresadas en volumen por unidad de área, de modo que el mismo dependerá del paso del agua por hora de los emisores y de la cantidad que existan en el diseño y operación del sistema de riego (Ramos y Báez, 2013).

L_b = Lámina bruta o total (mm)

P = Precipitación o pluviometría del aspensor (mm/h)

1.21 Planificación del riego

Ramos y Báez (2013) manifiestan que es seguir un proceso en el cual va distribuido el plan que se realizará para ejecutar el riego en el caso de que existe presencia de lluvia y en efecto sea insuficiente para compensar las pérdidas de agua por evapotranspiración. El objetivo principal del riego es la aplicación del agua en el momento preciso y con la cantidad precisa de agua. Mediante la aplicación de las fórmulas, se pueden planificar las láminas y los momentos de aplicación del riego.

Para evitar el estrés hídrico se debe aplicar el riego antes o en el momento de agotarse, la lámina de agua fácilmente aprovechada en el suelo. Sin embargo, la lámina neta de riego deberá ser menor o igual que el agotamiento de humedad en la zona radicular del suelo evitando así pérdidas de percolación que esto puede generar lavados de nutrientes relevantes en la zona radicular (Ramos y Báez, 2013).

1.22 Adaptación y respuesta de las pasturas a la escasez de agua

Las plantas de climas secos han ido mejorando y adaptándose para afrontar zonas donde existe escasez de agua en la naturaleza. Estas adaptaciones se pueden organizar en los siguientes grupos (López, 2018).

1.22.1 Adaptaciones morfológicas

Cambios en su constitución tendiente a reducir las pérdidas o a acumular agua:

- Epidermis de la hoja gruesa
- Abundancia de pelos que permita generar microclima.
- Disminución del tamaño de las hojas, eliminándose y por ende reemplazadas por espinas.
- Almacenamiento de agua en los tallos.

1.22.2 Adaptaciones morfológicas

- Cierre extenso de las estomas.
- Marchitez y pérdida de las partes viejas o poco útiles para el desarrollo y reproducción.

1.23 Rendimiento del pasto alemán *Echinochloa polystachya* L.

El pasto alemán *Echinochloa polystachya* L. es una especie de forraje que presenta respuestas favorables en el comportamiento del pasto debido a la aplicación de riego porque el recurso agua cumple con las necesidades hídricas del cultivo (Tabla 3), es decir al aumentar láminas de riego influye proporcionalmente al desarrollo agronómico y el rendimiento del pasto alemán (Vera *et al.*, 2016).

Tabla 3. Promedio de la variable biomasa (kg/m²) a los 28 días de evaluación.

| Tratamiento | Biomasa |
|----------------|-------------|
| T ₁ | 3,27±0,16 a |
| T ₂ | 2,88±0,17 b |
| T ₃ | 1,92±0,17 c |
| Testigo | 1,53±0,19 c |
| Probabilidad | <0,001 |
| Error estándar | 0,04 |

Letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente, Tukey <0,05

1.24 Rendimiento del pasto *Cynodon dactylon* L.

El riego deficitario en el rendimiento del pasto *Cynodon dactylon* L. está en función de la lámina de riego, por lo tanto, si la aplicación del riego se reduce provoca niveles inferiores de producción de rendimiento en cuanto a la biomasa; es por ello, que la eficiencia del uso del agua mostró un comportamiento inverso dado que con la disminución de la lámina aumentó el uso eficiente del agua. Los resultados de la Tabla 4 muestran el incremento de la biomasa en función de la lámina (p<0,001)(Vera y Fernández, 2018).

Tabla 4. Promedio de los valores de la producción de la biomasa (kg/m²).

| Tratamientos | Días | | | |
|----------------|--------|--------|--------|---------|
| | 7 | 14 | 21 | 28 |
| Lámina 100% | 0.5 a | 0.61 b | 0.78 a | 0.89 ab |
| Lámina 80% | 0.31 b | 0.55 c | 0.72 b | 0.83 b |
| Lámina 60% | 0.22 c | 0.43 d | 0.65 c | 0.70 c |
| Lámina 120% | 0.33 b | 0.67 a | 0.82 a | 0.94 a |
| Probabilidad | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 |
| Error estándar | 0.021 | 0.011 | 0.01 | 0.02 |

1.25 Consumo de agua del pasto *Cynodon dactylon* L.

El consumo de agua estuvo en función de la Eto aplicada; por lo tanto, a mayor Eto mayor consumo de agua; es decir, la lámina tiene directa relación con el rendimiento de la biomasa, se debe considerar el uso eficiente del agua. En este sentido se puede

observar en la Tabla 5 que la eficiencia del uso del agua aumenta con la reducción de la lámina de riego (Chavarría *et al.*, 2017).

Tabla 5. Lámina total y uso eficiente del agua en cada tratamiento durante los 28 días.

| Tratamientos | Lámina acumulada | Uso eficiente del agua |
|--------------|------------------|------------------------|
| | (mm) | kg/m ³ |
| Lámina 60% | 52,08 | 13,4 |
| Lámina 80% | 69,44 | 11,9 |
| Lámina 100% | 86,8 | 10,2 |
| Lámina 120% | 104,16 | 9,0 |

1.26 Producción de biomasa del pasto king grass morado *Pennisetum sp*

El rendimiento en forraje verde del pasto king grass morado estuvo influenciado por el incremento de las láminas de riego, como se observa en la Tabla 6 , al conseguirse una adecuada aportación de agua al pasto y para cumplir sus funciones fisiológicas normales, los rendimientos de las pasturas con riego, incrementa su producción considerando el volumen de agua que se les aplique, lo cual minimiza los riegos de las inversiones agropecuarias (Chavarría *et al.*, 2017).

Tabla 6. Altura de la planta a los 15,30 días cosecha del pasto King grass morado.

| Tratamientos | Altura de planta (m) | | |
|-----------------------------------|----------------------|---------|---------|
| | 15 días | 30 días | Cosecha |
| Lámina de riego al 80% de la Etc | 0.537 a | 1.09 b | 1.65 b |
| Lámina de riego al 100% de la Etc | 0.542 a | 1.14 ab | 1.79 b |
| Lámina de riego al 120% de la Etc | 0.545 a | 1.26 a | 2.08 a |
| CV (%) | 1.64 | 8.5 | 9.04 |

CAPÍTULO 2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Localización y descripción del lugar de estudio

El experimento se llevó a cabo en el Centro de Apoyo Río Verde, de la Universidad Estatal Península de Santa Elena ubicado en la comuna Río Verde, kilómetro 29 de la vía Santa Elena – Guayaquil, altitud 54 msnm, coordenadas: x= 533197 y= 9744718, Zona 17 Sur, parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena.



Figura 1. Centro de Apoyo Río Verde

2.2 Características edafoclimáticas

2.2.1 Características Climáticas

Según INAMHI (2021) el pronóstico del clima de la provincia de Santa Elena detallada en la Tabla 7 muestra una temperatura que bordea los 30 grados Celsius.

Tabla 7. Datos climáticos durante el desarrollo de la investigación.

| Meses | Humedad relativa max (%) | Humedad relativa min (%) | Precipitación (mm) | Temperatura max | Temperatura min | Viento velocidad (m/s) |
|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------|-----------------|-----------------|------------------------|
| Enero | - | - | 30 | 29 | 24 | 4 |
| Febrero | - | - | 30 | 31 | 25 | 4 |
| Marzo | - | - | 0 | 30 | 23 | 3 |
| Abril | 79 | 75 | 0 | 27 | 24 | 2 |
| Promedio | 79 | 75 | | 29,25 | 24 | |

Fuente: INAMHI (2021)

2.3 Características del suelo y agua en el Centro de Apoyo Río Verde (UPSE)

2.3.1 Características de suelo

El análisis de suelo del área experimental señala (Tabla 8) que la superficie terrestre de Río Verde presenta característica textural franco-arenosa, con una interpretación (Tabla 9) de N, P, K entre medio y bajo.

Tabla 8. Clasificación textural del suelo.

| Elementos | Cantidad | Unidad | Interpretación |
|-----------|----------|--------|----------------|
| Arena | 64 | % | Franco Arenoso |
| Limo | 24 | % | |
| Arcilla | 16 | % | |

Fuente: INIAP (2019)

Tabla 9. Características químicas del suelo.

| Elementos | Cantidad | Unidad | Interpretación |
|-----------|----------|------------|---------------------|
| Nitrógeno | 22 | ppm | Medio |
| Fósforo | 4 | ppm | Bajo |
| Potasio | 0.34 | meq/100 ml | Medio |
| Calcio | 13 | meq/100 ml | Alto |
| Magnesio | 9.5 | meq/100 ml | Alto |
| Azufre | 21 | ppm | Alto |
| Zinc | 0.6 | ppm | Bajo |
| Cobre | 3.5 | ppm | Medio |
| Hierro | 14 | ppm | Bajo |
| Ph | 7.2 | - | Parcialmente neutro |
| Mo | 5.1 | | Alto |

Fuente: INIAP (2019)

2.3.2 Características del agua

El análisis de agua se realizó en el Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario (AGROLAB), para lo cual se tomó una muestra de agua (Tabla 10) del reservorio del Centro de Apoyo Río Verde. Los resultados obtenidos en el análisis permitieron conocer los componentes físicos químicos presentando clasificación C2S1.

Tabla 10. Características físicas- químicas del análisis de agua.

| Ensayo | Unidad | Resultado | Máxima Permissible* | Método Referencial Aplicado |
|--|--------|-----------|---------------------|-----------------------------|
| pH | - | 7.0(20°C) | 6.5-8.5 | APHA 4500 |
| Hierro total (Fe) | mg/l | 0.45 | 0,30 | HACH-8008 |
| Fósforo ((P-PO4) | mg/l | 0.040 | 0.10 | HACH- 8190 |
| Cobre (Cu) | mg/l | < 0.010 | 1.0 | HACH-8026 |
| Zinc (Zn) | mg/l | < 0.011 | 3.0 | HACH-8009 |
| Sulfatos (SO4) | mg/l | 0.34 | 200 | HACH-8051 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/l | 557 | 1000 | GRAVIMETRICO |
| Dureza Total (CaCO3) | mg/l | 35.7 | 300 | APHA: 2340C |
| Alcalinidad Total | mg/l | 144 | --- | STM-2320B |
| Cloruros (Cl-) | mg/l | 44.7 | 250 | APHA – 4500-CL-B |
| Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) | mg/l | 0.02 | 0.5 | HACH – 8038 |

Fuente: AGROLAB (2021)

2.4 Materiales y Equipo

2.4.1 Material Biológico

El material biológico utilizado fue el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L), especie establecida en el 2019 para el estudio del “Rendimiento y valor nutritivo del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.), en Río Verde, provincia de Santa Elena”.

2.4.2 Materiales

- Análisis Agua
- Tina Clase A Evapotranspiración
- Infiltrómetro de Minidisco.

2.5 Tratamiento y diseño experimental

El experimento se ejecutó con un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con 3 tratamientos y 4 repeticiones (Tabla 11), donde los tratamientos fueron tres láminas de riego, determinadas según los datos obtenidos en la tina de evapotranspiración clase A (Calvache, 2013). La Tabla 12 muestra los grados de libertad del error.

Tabla 11. Descripción de los tratamientos.

| Tratamientos | Tasa de evapotranspiración |
|--------------|----------------------------------|
| T1 | 80 % Tasa de evapotranspiración |
| T2 | 100% Tasa de evapotranspiración |
| T3 | 120 % Tasa de evapotranspiración |

Tabla 12. Grados de libertad del ensayo.

| Fuentes de variación | Grados de libertad |
|--------------------------------|--------------------|
| Tratamientos (n-1) | 2 |
| Bloques (r-1) | 3 |
| Error experimental (n-1) (r-1) | 6 |
| Total | 11 |

2.5.1 Delineamiento experimental

El área para cada unidad experimental fue de 25 m², la separación de cada unidad experimental fue de 3 metros entre repetición, 7 metros entre bloques (Figura4) que conformaron los tratamientos, presentando así un área total del ensayo experimental de 961 m² (Tabla 13).

Tabla 13. Delineamiento del ensayo.

| | |
|--|--------------------|
| Diseño experimental | BCA |
| Número de tratamientos | 3 |
| Número de repeticiones | 4 |
| Número total de parcelas | 12 |
| Área total de la parcela (5 m x 5 m) | 25 m ² |
| Área útil de la parcela | 1 m ² |
| Área del bloque | 145 m ² |
| Efecto de borde | 1 m |
| Distancia de siembra | 1.00 m * 0.30 m |
| Longitud de la línea de siembra | 5 m |
| Número de plantas por sitio | 1 |
| Número de plantas por línea | 11 |
| Número de plantas por parcela | 44 |
| Número de plantas experimento | 1100 |
| Número de plantas por hectárea | 33.333 |
| Distancia entre bloques | 7 m |
| Distancia de los bloques al cerramiento perimetral | 1 m |
| Área útil del ensayo | 10 m ² |
| Área neta del ensayo | 841 m ² |
| Área total del ensayo | 961 m ² |

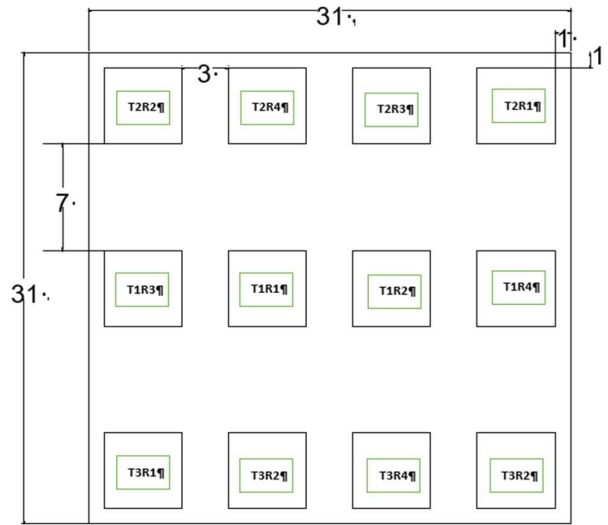


Figura 4. Delineamiento experimental.

2.6 Manejo del experimento

2.6.1 Resiembra

Se inspeccionó cada área de la parcela para revisar los espacios donde no había el material biológico, resembrando los espacios vacíos que conformaron cada línea de siembra; este método se empleó en cada tratamiento del área del experimento.

2.6.2 Control Fitosanitario

Para evitar la persistencia de los síntomas de la enfermedad Tizón foliar se aplicó insecticidas agrícolas, Crysonazol 250 EC y CuraCron, con, la dosis de 20 cc de cada producto en 20 litros de agua.

2.6.3 Corte de Igualación

A los 60 días después de resembrar se realizó el corte de igualación a todos los tratamientos del área del experimento.

2.6.4 Riego

- **Determinación de capacidad de campo (CC)**

Este parámetro se determinó mediante el análisis de suelo del área experimental del Centro de Apoyo Río Verde. El análisis mostró la clase textural con valores de 64 %, arena 24 % limo y 16 % arcilla, datos necesarios que se reemplazaron en la fórmula de capacidad de campo (CC) para conocer la disponibilidad de agua en la superficie terrestre expresadas en unidades de peso (Universidad de la Republica, 2020).

$$CC\%ps = 0.023 (\% \text{ arena}) + 0.25 (\% \text{ limo}) + 0.61 (\% \text{ arcilla})$$

- **Determinación de punto de marchitez permanente (PMP)**

El contenido de agua que tiene una superficie terrestre después de que esta ha sido absorbida por la planta se denomina límite inferior de almacenamiento de agua, el valor de este parámetro hídrico se calculó mediante la fórmula de punto de marchitez permanente reemplazando los porcentajes de limo, arena y arcilla que presentó el análisis de suelo con el objetivo de operar y diseñar correctamente el riego.

$$PMP \%ps = 0.001(\% \text{ arena}) + 0.12 (\% \text{ limo}) + 0.57 (\% \text{ arcilla})$$

- **Obtención de Infiltración (Infiltrómetro de Minidisco)**

La infiltración del suelo es un parámetro importante que considera la eficiencia del drenaje del agua permitiendo optimizar la disponibilidad de la misma, es por ello, que para el presente estudio se obtuvo la infiltración por medio del infiltrómetro minidisco cuyas dimensiones son de 32.7 cm de longitud, 3.1 cm de diámetro, el equipo tiene un volumen de área requerido de 135 ml, la evaluación consistió en colocar el recurso hídrico en el depósito de agua, se identificó en base a la textura de suelo la numeración del tubo de control de succión, de ahí se colocó el equipo sobre el nivel de suelo, a la vez se consideró el tiempo en minutos como se detalla en la siguiente Tabla 14 y respectiva gráfica:

Se determinó a conductividad hidráulica por dos métodos, el primero propuesto por (Zhang, 1997), ajustado a la siguiente función.

Conocido los valores de infiltración, la conductividad hidráulica no saturada se calcula a partir de C_1 (m s⁻¹) y C_2 (m s^{-1/2}) los cuales son parámetros. C_1 está relacionado a la conductividad hidráulica, y C_2 es la absorptividad del suelo. La conductividad hidráulica del suelo (k) se calcula sobre la base de:

$$I = C_1 t + C_2 \sqrt{t}$$

Donde C_1 es la pendiente de la curva de la infiltración acumulada vs. la raíz cuadrada del tiempo, y A es un valor que relaciona el parámetro de van Genuchten para un tipo de suelo dado a la succión velocidad y radio del disco infiltrómetro;

$$K = \frac{C_1}{A}$$

Donde n y α son los parámetros de van Genuchten para el suelo, r_0 es el radio del disco y h_0 es la succión en el disco superficie. El infiltrómetro Mini Disco se infiltra en agua a succión de -0,5 a -6 cm y tiene un radio de 2.25 cm. Los parámetros de van Genuchten para las 12 clases de textura fueron obtenido de (Carsel y Parrish., 1988):

$$A = \frac{11.65(n^{0.1} - 1)\exp[2.92(n - 1.9)ah_0]}{(ar_0)^{0.91}} \quad n \geq 1.9$$

$$A = \frac{11.65(n^{0.1} - 1)\exp[7.5(n - 1.9)ah_0]}{(ar_0)^{0.91}} \quad n < 1.9$$

Se mide la conductividad hidráulica en un suelo con $n < 1.35$, cambios en la ecuación de Zhang, (1997) propuesto por Dohnal et al. (2010) han mejorado las estimaciones de K comparadas con la ecuación anterior:

$$K = \frac{C_1(ar_0)^{0.6}}{11.65(n^{0.82} - 1)\exp[34.65(n - 1.19)ah_0]}$$

Tabla 14. Valores de infiltración del suelo.

| Tiempo (s) | Simplificación de raíces cuadradas (t) | Volumen (mL) | Infiltración (cm) |
|------------|--|--------------|-------------------|
| 0 | 0.00 | 75 | 0.00 |
| 60 | 7.75 | 74 | 0.06 |
| 120 | 10.95 | 73 | 0.13 |
| 180 | 13.42 | 72 | 0.19 |
| 240 | 15.49 | 71 | 0.25 |
| 300 | 17.32 | 70 | 0.31 |
| 360 | 18.97 | 68.5 | 0.41 |
| 420 | 20.49 | 66.5 | 0.53 |
| 480 | 21.91 | 65 | 0.63 |
| 540 | 23.24 | 65 | 0.63 |

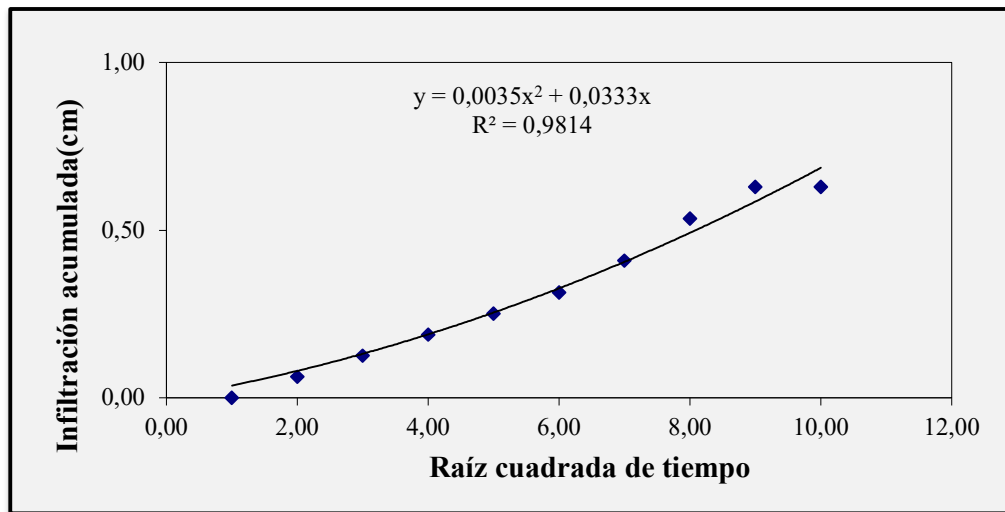


Figura 5. Curva de Infiltración de agua acumulada en el suelo.

- **Evapotranspiración potencial (ET_0)**

Se determinó la evapotranspiración potencial (ET_0) por el Método de PENMAN (Fao, 2009) la evapotranspiración de referencia (ET_0) se realizó a través de la siguiente fórmula considerando características climáticas, para efectuar el diseño y operación del sistema de riego:

$$ET_0 = \frac{0.408\Delta(R_n - G) + \gamma\left(\frac{900}{T} + 273\right)\mu_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\mu_2)}$$

Donde:

E_{to}: evapotranspiración de referencia (mm día-1)

R_n: radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m-2 día-1)

R_a: radiación extraterrestre (mm día-1)

G: flujo del calor de suelo (MJ m-2 día-1)

T: temperatura media del aire a 2 m de altura (°C)

u₂: velocidad del viento a 2 m de altura (m s-1)

e_s: presión de vapor de saturación (Kpa)

e_a: presión real de vapor (Kpa)

e_s – e_a: déficit de presión de vapor (Kpa)

Δ: pendiente de la curva de presión de vapor (Kpa °C-1)

Γ: constante psicrométrica (kPa °C-1)

- **Evapotranspiración del cultivo**

La evapotranspiración del cultivo se realizó a través de la siguiente fórmula considerando la evapotranspiración potencial y el coeficiente característico del cultivo.

$$ET(\text{cultivo}) = E_{To} * K_c$$

Donde:

ET (cultivo) = Evapotranspiración de cultivo

E_{to} = Evapotranspiración Potencial

K_c = Coeficiente característico del cultivo

- **Lámina neta (Dosis neta de riego)**

Se realizó el cálculo de lámina neta considerando los parámetros de profundidad de raíces, la humedad disponible del suelo, el agotamiento de humedad disponible en el suelo.

$$D_n = 100 * H * d_a * (C_c - P_m) * f$$

Donde:

Dn = Lámina neta.

H = Profundidad efectiva de la raíz del cultivo.

Da = Densidad aparente ciclo.

Cc = Capacidad de campo.

Pm = Punto de marchitez permanente

f = Factor de agotamiento

- **Lámina bruta (Dosis Total)**

Se determinó la lámina bruta (Dosis Totales) reemplazando los valores de la lámina neta entre la eficiencia de aplicación del sistema (Fuentes, 2003).

$$Db = \frac{Dn}{Ea}$$

Donde:

Db = Lámina bruta

Dn = Lámina neta

Ea = Eficiencia de aplicación.

- **Fracción de lavado**

Se determinó la fracción de lavado para controlar las sales en el suelo de acuerdo a la fórmula expresada por Tarjuelo, (2005) se dividió la conductividad eléctrica del agua de riego sobre la multiplicación de tolerancia de salinidad restado de la conductividad eléctrica del agua de riego.

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

CEa: Conductividad eléctrica del agua de riego (1.59 dS/m)

CEe: Tolerancia a la salinidad medido por la conductividad eléctrica del extracto de saturación del suelo (10 dS/m).

- **Intervalo de riego**

Se realizó el cálculo para indicar el número de riego por mes, para ello se emplea la fórmula en la cual se divide la lámina neta entre la eficiencia de aplicación (cultivo)

$$\text{Intervalo} = \frac{\text{Dosis neta}}{\text{ET (cultivo) diario}}$$

Donde:

Dn = Lámina neta

Etc = Eficiencia de aplicación

- **Pluviometría del aspersor**

Se determinó la pluviometría del aspersor a través de la formula, reemplazando el caudal del aspersor entre las distancias de aspersores y laterales considerando que la pluviometría no debe exceder a la infiltración obtenida (Tarjuelo, 2005).

$$P = \frac{100 \times Q_e}{S_a \times S_l}$$

Q_a = Caudal del aspersor (l/h)

S_a = Espaciamiento o distancia entre aspersores (m)

S_l = Espaciamiento o distancia entre laterales (m)

- **Tiempo de Riego**

Se determinó a través de la división de la lámina total y la pluviometría del aspersor el tiempo de riego que es expresado en horas.

$$Tr = \frac{Lt}{P}$$

Donde:

Tr= Tiempo de riego

Lt= Lámina total

P= Pluviometría.

2.7 Elección del aspersor

Con los resultados de la infiltración de suelo se eligió el aspersor de impacto ½ amarillo eje acero, con radio ajustable, este accesorio posee las siguientes características (Tabla 15).

Tabla 15 Características del aspersor.

| Características del Aspersor | | |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|
| Salidas: 1 | | |
| Tamaño de boquillas: 4mm | | |
| Tipo de conexión: ½ M | | |
| Presión bar | Alcance m | Caudal m3/h |
| 1.0 | 11.6 | 0.6 |
| 4.0 | 12.1 | 1.2 |

- **Disposición de los emisores**

Se realizó la disposición de los aspersores en el terreno de acuerdo al alcance del aspersor, y la presión de la bomba colocando los aspersores cada 5 metros para que se produzca un traslape eficiente que distribuya uniformemente el agua.

- **Evaporación de la tina clase A (Etv)**

Se colocó la tina de evaporación clase A sobre una base de madera con una altura de 20 cm, se llenó de agua hasta 5 cm debajo del borde de la tina. Las lecturas se realizaron en la mañana a las 8:00 am, para poder determinar la cantidad de agua evaporada, para esto se contó con la ayuda de una regla metálica, expresando sus unidades de medida en centímetros.

- **Determinación del coeficiente de la tina (Kp)**

El coeficiente del tanque evaporímetro se calculó en base a la fórmula que fue establecida por Allen *et al.*, (2006) que se encuentra en el manual FAO 56, para el respectivo cálculo se utilizó datos meteorológicos de velocidad de viento y humedad relativa.

$$\begin{aligned}
K_p = & 0.61 + 0.00341492 - 0.00016292 - 0.00000959210 \\
& + 0.003274 \ln(\text{BORDE}) - 0.00289U_2 \ln(86.4U_2) \\
& - 0.0106 \ln(86.4U_2) \ln(\text{BORDE}) \\
& + 0.00063 [\ln(\text{BORDE})]^2 \ln(86.4U_2)
\end{aligned}$$

Kp: coeficiente de la tina

u2: velocidad promedio diaria del viento a 2m altura

HR: media humedad relativa media diaria

BORDE: margen o distancia al borde de la superficie identificada

2.8 Variables a evaluar

- **Variables agronómicas**

Las variables agronómicas se evaluaron cada 7 días después del corte de igualación, considerando las plantas del área útil.

- **Altura de la planta**

Se determinó la primera medición de altura de la planta considerando la base del macollo hasta el ápice de la hoja en el cual los datos fueron expresados en centímetros.

- **Longitud de la hoja**

Se utilizó un flexómetro para medir la longitud de hoja desde la lígula hasta el ápice de la hoja considerando 20 plantas del área útil, los resultados se estimaron en centímetros.

- **Ancho de la hoja**

Esta variable se determinó utilizando 20 plantas de cada área útil del ensayo, para eso se midió con un flexómetro la longitud del ancho de cada hoja expresado en cm.

- **Materia verde (MV)**

A los 28 días se realizó el corte del área útil, a una altura de 10 cm tomado desde la base del suelo, se pesó el forraje fresco utilizando una balanza cuyos datos fueron expresados en kg de MV y transformadas a toneladas/ hectáreas (t/ha^{-1}).

2.8.1 *Análisis estadístico*

Los datos de las variables fueron sometidos al análisis de la varianza y las medias comparados con la prueba de Tukey ($p<0,05$) utilizando el software INFOSTAT versión estudiantil.

CAPÍTULO 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Variables agronómicas del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.)

3.3.1 Altura de la planta del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) a los 7, 14, 21 y 28 días

Los resultados de la variable altura de la planta a la primera y segunda semana de evaluación, sometidos al análisis de la varianza no estimaron diferencias significativas. A la tercera y cuarta semana mostraron significancia estadística, la prueba de Tukey ($p < 0,05$) presentó al tratamiento 3 con el mayor promedio (Tabla 16).

Tabla 16. Altura de planta del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) 7, 14, 21,28 días, cm.

| Variable | Tratamiento | | | CV (%) |
|-----------------------------------|-------------|--------------------|---------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | |
| Altura de la planta a los 7 días | 23.94 a | 22.19 a | 22.28 a | 4.10 |
| Altura de la planta a los 14 días | 29.19 a | 29.81 ^a | 34.89 a | 12.51 |
| Altura de la planta a los 21 días | 36.58 b | 29.15 a | 46.11 c | 9.90 |
| Altura de la planta a los 28 días | 36.30a | 37.42 a | 52.78 b | 9.45 |

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey ($p > 0.05$)

T₁: Tratamiento 1 lámina de riego al 80%; T₂: Tratamiento 2, lámina de riego al 100%; T₃: Tratamiento 3, lámina de riego al 120%.

De la Tabla 16 se deduce que las aplicaciones de las láminas de riego tuvieron incidencias en la variable altura de planta a los 21 y 28 días con la aplicación de la lámina del 120% correspondiente al T₃, con promedios de altura de 46.11 cm y 52.78 cm respectivamente. Condori *et al.* (2018) manifiesta que obtuvo promedios aún más elevados en el forraje maralfalfa (*Pennisetum* sp) con la aplicación de una lámina de riego al 75 % y una aplicación de biol de 20%, 40% y 60%, obteniendo que los Tratamientos T₇ T₈ y T₉ alcanzaron los resultados más elevados con alturas promedios de 103.1cm 102.4cm y 91.1cm correspondientemente.

Por otro lado, Santos (2015) señala que las láminas de riego aplicadas en su estudio no influyeron en la altura de la planta dentro de sus tratamientos en cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Sin embargo, el presente ensayo sugiere que la aplicación de lámina de riego aplicada influye en el crecimiento de la planta.

Borbor (2020) señala que la aplicación de nitrógeno en el pasto buffer aumenta el crecimiento en altura de la planta con promedios de 69.40 a 84.80 cm dentro de los 20 a 40 días, valores evidentemente superiores a los obtenidos en el presente ensayo debido a que las láminas de riego usadas en esta investigación fueron específicamente de agua y de ninguna otra sustancia (fertilizantes).

3.3.2 Longitud de hoja del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) a los 7, 14, 21 y 28 días

Al evaluar la variable agronómica longitud de hoja, el análisis de varianza muestra que solo estimó diferencia significativa entre los tratamientos en las dos últimas semanas (Tabla 17). El T₃ obtuvo mayor longitud de hojas a los 28 días a diferencia del T₁ y T₂.

Tabla 17. Longitud de la hoja del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) 7, 14, 21,28 días, cm.

| Variables | Tratamientos | | | CV (%) |
|-----------------------------|--------------|---------|---------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | |
| Longitud de la hoja 7 días | 13.38 a | 12.02 a | 12.60 a | 7.76 |
| Longitud de la hoja 14 días | 19.31 a | 20.76 a | 24.02 a | 12.73 |
| Longitud de la hoja 21 días | 21.27 b | 15.29 a | 26.94 c | 9.88 |
| Longitud de la hoja 28 días | 21.23 a | 21.04 b | 29.52 b | 8.23 |

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey (p>0.05)

T₁: Tratamiento 1 lámina de riego al 80%; T₂: Tratamiento 2, lámina de riego al 100%; T₃: Tratamiento 3, lámina de riego al 120%.

Los resultados de longitud de hoja de 29.52 cm aplicando un porcentaje de lámina de riego de 120%, son acordes a lo presentado por González (2001) quien expone que el comportamiento agronómico de los pastos al igual que otros cultivos requieren de riego para expresar su potencial (Tabla 17) de rendimiento según sus características genéticas. De igual forma se coincide con Valle (2020), utilizando fertilización nitrogenada, en el estudio el pasto *Brachiaria brizantha* cv. Marandú que obtuvo a los 30 días longitudes de 32.63 cm.

3.3.3 Ancho de hoja del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) a los 7, 14 ,21 y 28 días

En la variable ancho de hoja acorde al análisis de varianza no hay diferencia significativa entre los tratamientos para ninguna de las semanas. Los valores del CV se encuentran en rangos aceptables (Tabla 18).

Tabla 18. Ancho de hoja del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) 7, 14, 21,28 días, cm.

| Variables | Tratamientos | | | |
|--------------------------|--------------|--------|--------|--------|
| | T1 | T2 | T3 | CV (%) |
| Ancho de la hoja 7 días | 0.41 a | 0.50 b | 0.39 a | 3.71 |
| Ancho de la hoja 14 días | 0.50 a | 0.56 a | 0.56 a | 7.6 |
| Ancho de la hoja 21 días | 0.56 a | 0.57 a | 0.61 a | 5.51 |
| Ancho de la hoja 28 días | 0.63a | 0.65a | 0.68a | 10.88 |

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey(p>0.05)

T₁: Tratamiento 1 lámina de riego al 80%; T₂: Tratamiento 2, lámina de riego al 100%; T₃: Tratamiento 3, lámina de riego al 120%.

En lo que concierne a la anchura de hoja y su tiempo de evaluación cada 7 días se aprecia que no existió un crecimiento desmesurado para esta variable, puesto que semanalmente esta variable en cada tratamiento obtenía un aumento de crecimiento de hasta 0.10 mm, sin embargo, las medias más altas se encuentran en el tratamiento T₃ como resultado de las cantidades volumétricas de agua aplicadas en el mismo, que influyeron en el desarrollo y crecimiento vegetativo en relación al T₁ y T₂.

Los valores del presente estudio están por debajo de los resultados encontrados por Paucar (2020) quien obtuvo resultados superiores para la variable anchura de hoja en su estudio evaluación de niveles de fertilización en pasto janeiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a 52 Gy bajo las condiciones edafoclimáticas, con el T₃ que obtuvo medias de hasta 2.64 cm luego de la aplicación de una dosis de fertilizante mayor al resto de los tratamientos.

El pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) regado con una lámina al 120% mostró eficiente rendimiento productivo, optimizando el recurso hídrico, coincidiendo con Chavarría *et al.*, (2017) quien en un ensayo con en el pasto King grass morado (*Pennisetum* sp) aplicó una lámina de riego al 120% obteniendo resultados favorables en rendimiento para el consumo animal.

3.3.4 Rendimiento de forraje verde t/ha del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) a los 7, 14, 21 y 28 días

Los resultados del análisis de la varianza con respecto al rendimiento de biomasa (forraje verde t/ha⁻¹) muestran diferencias significativas, con la media más alta para el tratamiento T₃ con un rendimiento de 39.25 t/ha⁻¹ (Tabla 19).

Tabla 19. Rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) en forraje verde t/ha⁻¹

| Tratamientos | Medias t/ha ⁻¹ | C.V. (%) |
|--------------|---------------------------|----------|
| T1 | 22.5a | 14.30 |
| T2 | 33.25a | |
| T3 | 39.25b | |

Medias con una letra común no significativamente diferentes según Tukey(p>0.05)

T₁: Tratamiento 1 lámina de riego al 80%; T₂: Tratamiento 2, lámina de riego al 100%;

T₃: Tratamiento 3, lámina de riego al 120%

Los resultados del rendimiento del pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) transformados t/ha estuvieron en función de la lámina de riego aplicada. La lámina al 120% representó un volumen de 181.48 m³ de agua, al 100% representó 151.73 m³, al 80% representó 121 m³ de agua (Tabla 19).

Los datos de la Tabla 20 muestran que el tratamiento 3 tuvo mayor rendimiento en proporción a la lámina aplicada (120%); el porcentaje y la cantidad de agua proporcionada en este tratamiento se mostró como el más eficiente, esto se ve claramente reflejado en la cantidad de biomasa obtenida al tener el mayor rendimiento.

Tabla 20. Dosis de agua aplicada al pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.).

| Tratamiento | Volumen de agua aplicada m ³ | Producción t/ha |
|-------------|---|-----------------|
| T1 80% | 484.0 | 22,5 |
| T2 100% | 605.0 | 33,25 |
| T3 120% | 726.0 | 39,25 |

T₁: Tratamiento 1 lámina de riego al 80%; T₂: Tratamiento 2, lámina de riego al 100%; T₃: Tratamiento 3, lámina de riego al 120%.

Lo antes mencionado concuerda con Vough y Marten (1971) quienes establecen que la producción de los forrajes disminuye significativamente al no tener suelos húmedos, este déficit se ve influenciado en las características agronómicas de todo pasto.

Por otro lado, Vera *et al.* (2016) señalan en su investigación realizada en pasto alemán (*Echinochloa polystachya* L.) que la lámina con mayor porcentaje obtuvo mayores rendimientos demostrando así que el agua cumple un papel preponderante en el desarrollo y productividad del pasto.

La curva de producción en relación con el volumen de agua aplicada, de acuerdo al coeficiente de determinación R^2 indica que la lámina de agua influyó en el rendimiento del pasto evaluado (Figura 6).

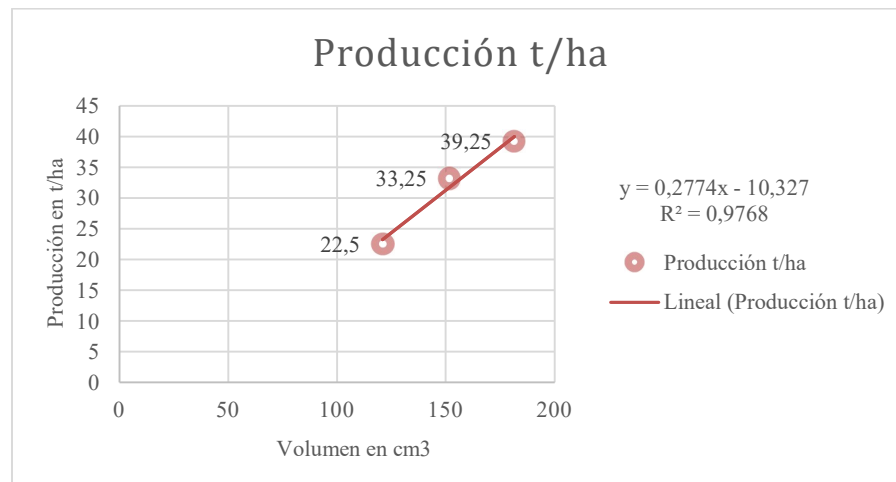


Figura 6. Curva de producción en relación con el volumen de agua aplicada de pasto buffer.

Vera y Fernández, (2018) manifiestan en su estudio que en el pasto estrella (*Cynodon dactylon*) bajo una lámina aplicada al 120% presentó rendimientos superiores alcanzando 0.94 kg/m a los 28 días, por lo tanto, la eficiencia del uso del agua mostró un comportamiento inverso, es decir, que la depreciación de la lámina intensificó el uso eficiente del agua.

Sin embargo, los resultados obtenidos en esta investigación en relación a las variables volumen-producción que se muestran en la figura 6 señalan lo contrario a lo mencionado anteriormente, dado que el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L.) obtuvo rendimientos eminentes, cuya relación fue de carácter proporcional, es decir, tal como se exhibe en la representación gráfica a mayor lámina de riego (volumen de agua) mayor producción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Los resultados permiten concluir que la aplicación de la lámina de riego al 120% de la tasa de evaporización mostró mayor incidencia en el desarrollo vegetativo en cuanto a las variables agronómicas: altura de la planta, longitud, ancho de la hoja del pasto *Cenchrus ciliaris* L.; en el que sobresale el T₃.

El rendimiento de biomasa del pasto buffer *Cenchrus ciliaris* L. se incrementó en función de la lámina de riego obteniendo el mejor rendimiento en el T₃ con una lámina al 120% de la tasa de evapotranspiración al obtener como resultado 39.25 t MV ha⁻¹ a los 28 días con un valor de 72.6 mm utilizando un volumen total de agua de 726.0 m³/ha.

Recomendaciones

- Continuar con el ensayo evaluando el comportamiento del pasto buffer para evaluar sus rendimientos y que en años posteriores el pasto buffer sea considerado una de las principales fuentes de alimento de los animales rumiantes de la provincia de Santa Elena.
- Realizar un estudio del costo-beneficio detallando el costo total de cada tratamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROLAB. (2021) Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario. Santo Domingo

Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo: Guías para determinación los requerimientos de agua de los cultivos*. Comida y agricultura orgánica

Bonifaz, N., León, R. y Gutiérrez, F. (2019) *Pastos y Forrajes del Ecuador, siembra y producción de pasturas*, Universidad Politécnica Salesiana - Ecuador. Disponible en: <https://www.ups.edu.ec/noticias?articleId=13282081>.

Borbor, S. (2020) “*Rendimiento y valor nutritivo del pasto buffer (Cenchrus ciliaris L.) en Río Verde, Provincia de Santa Elena*”. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>

Cadena, V. (2016) *Hablemos de riego*. Segunda. Quito Ecuador: El telegrafo EP. Available at: <http://www.congope.gob.ec/wp-content/uploads/2017/03/HABLEMOS-DERIEGO-LOW.pdf>.

Calvache, A. (2013) *Riego andino tecnificado para fertirriego*. Primera Edición. Quito Ecuador: Universitaria (041831).

Chavarría Párraga, J. E., Pilalao David, W. O., González Arteaga, C. E., & Párraga Muñoz, L. E. (2017). Restricción del riego en la producción de biomasa del pasto Pennisetum sp. *Ciencia Y Tecnología*, 10(2), pp.83-87. <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i2.212>

Carsel, R. F. y Parrish., R. S. (1988) “*Developing joint probability distributions of soil water retention characteristics.*” *Water Resour. Res.* 24: 755-769.

Condori Vargas, Sandra, Ruiz Huanca, Paulino, Ticona Guanto, Olga, & Chipana Mendoza, Gladys J. (2018) ‘Eficiencia del uso del agua y características bromatológicas de maralfalfa (Pennisetum sp.) bajo la aplicación de biol bovino en la Estación Experimental Choquenaira’, *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 5(2), pp. 68–80

Dohnal, M., Dusek, J. y Vogel, T. (2010) ‘Improving hydraulic conductivity estimates from Minidisk Infiltrometer measurements for soils with wide pore-size distributions.’ *Soil Sci. Soc. Am. J.*,

Erazo, L. (2015) ‘*Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, cantón Mejía, provincia de Pichincha*’. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/4996>.

Esmeraldas, A. y Chila, C. (2021) *Efecto de láminas de riego y fertilización sobre el rendimiento y rentabilidad del cacao en calceta, Manabí*. Proyecto de investigación. Escuela superior politécnica agropecuaria de Manabí Disponible en: [://190.15.136.145/bitstream/42000/1443/1/TTA17D.pdf](http://190.15.136.145/bitstream/42000/1443/1/TTA17D.pdf)

FAO. (2006). *Evapotranspiración del cultivo en condiciones no estándar*. Roma: FAO. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/x0490s/x0490s03.pdf>

FAO (2009) ‘Guía de la Descripción del suelo’. Formato PDF. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a0541s.pdf>.

FAO (2016) ‘Evapotranspiración del Cultivo’ Estudio Fao riego y drenaje’. Disponible en: <http://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>.

Fernández, M. (2020) *Estudio y desarrollo de modelo de eficiencia hídrica de riego basado en agricultura* Tesis. Universidad Andrés Bello. Disponible en: <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/15527>

Fuentes, J. (2003) *Técnicas de riego*. Cuarta Edición Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid- REVERSIÓN España: Mundi-Prensa Libros.

GCI (2017) Ganadería climáticamente inteligente integrando la degradación de tierras y reducción del riesgo de desertificación en provincias vulnerables. Santa Elena. Disponible en: http://ganaderiaclimaticamenteinteligente.com/documentos/An%C3%A1lisis%20de%20Vulnerabilidad%20Local_Santa%20Elena.pdf.

Gavilánez, F. y Farias, S. (2019) ‘Método del Cenirrómetro como alternativa de programación de riego por aspersión en el cultivo de cacao (*Theobroma cacao*)’, *Acta Agronómica*, 68(1), pp. 29–34. doi: 10.15446/acag.v68n1.70370.

González, A. (2001) ‘El riego en cuatro pastos en la planicie huasteca’. Disponible en: <https://www.biopasos.com/documentos/2/033.pdf>

Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC (2019) *Manual del encuestador y supervisor “Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC” 2019*. Quito. Disponible en: https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac2019/Boletin%20Tecnico%20ESPAC_2019.pdf

Joya, A. (2020) ‘Alternativas tecnológicas para el suministro de agua para riego en las comunidades wayuu en el municipio de Manaure, la Guajira.’ Disponible en: <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/36561>.

Lopez, J. (2018) *Curso de fontanería paso a paso*. 1st edn. España: Ediciones Paraninfo, S.A.

MAG (2017) *Ganadería Climáticamente Inteligente, Integrando la Reversión de Degradación de Tierras y Reducción del Riesgo de Desertificación en Provincias Vulnerables, Santa Elena: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)*. Disponible en: [://www.fao.org/aquastat/es/data-analysis/irrig-water-use/irrig-water-requiremen](http://www.fao.org/aquastat/es/data-analysis/irrig-water-use/irrig-water-requiremen)

Mercado, M. (2019) *Diseño depósito cilíndrico de hormigón postensado*. Tesis. Universidad Mayor de San Simón. Disponible en: <http://ddigital.umss.edu.bo:8080/jspui/handle/123456789/13942>

Monterroso-Rivas, Alejandro Ismael, Gómez-Díaz, Jesús David. (2021) ‘Impacto del cambio climático en la evapotranspiración potencial y periodo de crecimiento en México’, *Terra Latinoamericana*, 39. doi: 10.28940/terra.v39i0.774.

Moratiel R, Y. (2015) *Operaciones auxiliares de riego en cultivos agrícolas*. Ediciones Paraninfo, S.A.

Morgan, K. Lincoln, Z. y Dukes, M. (2019) *Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad*. Universidad de Florida. Disponible en: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/AE496>.

Núñez, A. (2015) ‘Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego’. Lima-Perú. Disponible en: https://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/manualriego/manual_determinacion_eficiencia_riego.pdf.

Orson, I. (2021) *Principios y aplicaciones del riego: 2a edición*. 2a edn. Reverte.

Paucar, J. (2020) “Evaluación de niveles de fertilización en pasto jameiro (*Eriochloa polystachya*) irradiado a 52 Gy bajo las condiciones edafoclimáticas del cantón Babahoyo”. Universidad Técnica de Babahoyo. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/7993/TE-UTB-FACIAG-ING%20AGRON-000242.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Perea (2015) *Manejo, riego y abonado del suelo*. Editorial Elearning, S.L.

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

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

Porta, J., López, M. y Poch, R. (2019) *Edafología: uso y protección de suelos*. Mundi-Prensa Libros.

Ramírez de la Ribera, J. L.; Zambrano Burgos, D. A.; Campuzano, Janeth; Verdecia Acosta, D.M; Chacón Marcheco, E.; Arceo Benítez, Y.; Labrada Ching, Jaine; Uvidia Cabadiana, H (2017) *‘El clima y su influencia en la producción de los pastos’*, Málaga, España. pp. 1–12

Ramos, M. y Báez, D. (2013) *Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersión en una parcela demostrativa en el cantón Cevallos*. ESPOCH. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/2677/1/25T00208.pdf>.

Rivera, B. y Rivera, M. (2021) *‘Diseño, operación y mantenimiento del sistema de riego para la comunidad Pull-Quishuar del cantón Guamote de la provincia de Chimborazo’*. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22696>.

Rivera, J. S. Ú. y Dallatorre, Y. D. (2018) *‘La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura’*, *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), pp. 889–896. doi: 10.5377/ribcc.v4i7.6299.

Rondan, U. (2016) *‘Diseño de un sistema de riego para el cultivo de alfalfa en la localidad de Cotaparaco, provincia de Recuay, región de Ancash’*, *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. Disponible en: <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/1451>.

Santiestevan, P. (2015) *“Efecto de láminas de riego en la producción de maíz (Zea mays L), en Río Nuevo, Santa Elena.”* Universidad Estatal Península De Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>

Santos, J. (2015) *Efecto de diferentes regímenes de humedad en el comportamiento productivo del maíz en las condiciones edafoclimáticas de Manglaralto, Santa Elena*. Universidad Estatal Península de Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>

Silva Robledo, H., Silva Candia, P., Garrido Salinas, M. y Acevedo Hinojosa, E. (2015) *‘Manual de Estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y su uso por los cultivos “”, p. 86.*

Tarjuelo, M. (2005) *El riego por aspersión y su tecnología*. tercera edición. Mundi Prensa Madrid - España 581pp. Disponible en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130642>

Universidad de la Republica (2020) *‘Agua en el Suelo’*. Disponible en: <http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/paisajismo/AGUA%20EN%20EL%20SUELO.pdf>.

Valle, D. (2020) “Rendimiento y valor nutritivo del pasto *Brachiaria brizantha* cv. *Marandú*, en Río Verde, provincia De Santa Elena”. Universidad Estatal Península De Santa Elena. Disponible en: <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/2075>

Absalón Vásquez V., Issaak Vásquez R., Cristian Vásquez R., Miguel Cañamero K. (2017) *Fundamentos de la Ingeniería de Riego*. 1a ed. Lima-Peru: Q&P Impresores S.R.L. Disponible en: https://drive.google.com/file/d/0ByQ8dgir5Z9S3ExNFRuSVBHSWs/view?resourcekey=0-KTfqP4oK_1cjtLq0HzBwVQ.

Vera, C. M. Á. y Fernández, R. R. D. (2018) ‘Efecto del riego deficitario mediante riego por aspersión en el rendimiento del pasto *Cynodon dactylon*’, *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 9(2), pp. 91–95.

Vera, E., Vivas, W. y Rivera, R. (2016) ‘Respuesta del pasto alemán (*Echinochloa polystachya* L) a tres láminas de riego’, *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103*, 7(2), pp. 153–157.

Vera, R. y Cárdenas, C. (2010) ‘Diseño e instalación de un sistema de riego por aspersión para 50 ha. de cultivo de palma aceitera (*Elaeis guineensis*) en la provincia del Guayas’. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/14874> 2021).

Vough, L. R. y Marten, G. C. (1971) ‘Influencia de la humedad del suelo y la temperatura ambiente en el rendimiento y la calidad del forraje de alfalfa’, *Agronomy Journal*, 63(1), pp. 40–42. Disponible en: <https://doi.org/10.2134/agronj1971.00021962006300010014x>.

Zelaya, C. y Rodríguez, J. (2021) ‘CROPWAT: Estimación de la reducción porcentual en rendimientos en los cultivos de maíz y frijol. Guía metodológica -’. Central America. Disponible en: https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/113242/CROPWAT_M2.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Zhang, R. (1997) ‘Determination of soil sorptivity and hydraulic conductivity from the disk infiltrometer.’. *Soil Sci. Soc. Am. J.*

ANEXOS

Tabla 1A. Altura de la planta a los 7 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 23.49 | 22.57 | 23.80 | 25.90 | 23.94 |
| T2 | 21.95 | 23.15 | 21.90 | 21.75 | 22.19 |
| T3 | 22.23 | 22.25 | 22.90 | 21.75 | 22.30 |
| X | 22.56 | 22.66 | 22.87 | 23.13 | 22.80 |

Tabla 2A. Análisis de la varianza de altura de la planta a los 7 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Tratamiento | 7.78 | 2 | 3.89 | 4.46 | 0.0451 |
| Error | 7.85 | 9 | 0.87 | | |
| Total | 15.63 | 11 | | | |

Tabla 3A. Altura de la planta a los 14 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 28.25 | 27.28 | 31.73 | 29.5 | 29.19 |
| T2 | 28.2 | 29.81 | 32.23 | 20.33 | 27.64 |
| T3 | 41.35 | 39.08 | 30.6 | 28.55 | 34.89 |
| X | 32.6 | 32.05 | 31.52 | 26.13 | 30.57 |

Tabla 4A. Análisis de la varianza de altura de la planta a los 14 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|------|---------|
| Tratamiento | 78.32 | 2 | 39.16 | 2.56 | 0.1322 |
| Error | 137.9 | 9 | 15.32 | | |
| Total | 216.22 | 11 | | | |

Tabla 5A. Altura de la planta a los 21 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 34.45 | 36.33 | 39.50 | 36.05 | 36.58 |
| T2 | 30.65 | 28.75 | 30.05 | 27.15 | 29.15 |
| T3 | 53.93 | 45.43 | 39.8 | 45.3 | 46.11 |
| X | 39.68 | 36.83 | 36.45 | 36.17 | 37.28 |

Tabla 6A. Análisis de la varianza de altura de la planta a los 21 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Tratamiento | 579.39 | 2 | 289.20 | 21.22 | 0.0004 |
| Error | 122.64 | 9 | 13.63 | | |
| Total | 701.04 | 11 | | | |

Tabla 7A. Altura de la planta a los 28 días.

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | | | | X |
|-------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 33.35 | 36.55 | 39.5 | 35.80 | 37.28 |
| T2 | 37.85 | 35,57 | 40.8 | 35.45 | 37.42 |
| T3 | 61.20 | 47.85 | 49.75 | 52.3 | 52.78 |
| X | 49.53 | 39.99 | 43.35 | 41.18 | 42.49 |

Tabla 8A. Análisis de la varianza de altura de la planta a los 28 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Tratamiento | 677.99 | 2 | 338.99 | 21.37 | 0,004 |
| Error | 142.76 | 9 | 15.86 | | |
| Total | 820.75 | 11 | | | |

Tabla 9A. Longitud de la hoja a los 7 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 13,90 | 11,8 | 12,88 | 14,95 | 13,38 |
| T2 | 11,80 | 13,2 | 11,45 | 11,63 | 12,02 |
| T3 | 12,60 | 12,7 | 13,35 | 11,75 | 12,6 |
| X | 12,77 | 12,57 | 12,56 | 12,78 | 12,67 |

Tabla 10A. Análisis de la varianza de la longitud hoja a los 7 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|----|------|------|---------|
| Tratamiento | 3.74 | 2 | 1.87 | 1.93 | 0.2002 |
| Error | 8.70 | 9 | 0.97 | | |
| Total | 12.44 | 11 | | | |

Tabla 11A. Longitud de la hoja a los 14 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 18,25 | 18,55 | 21,3 | 19,13 | 19,31 |
| T2 | 20,4 | 22,15 | 20,18 | 20,33 | 20,76 |
| T3 | 28,2 | 27,28 | 21,43 | 19,18 | 24,02 |
| X | 22,28 | 22,66 | 20,97 | 19,54 | 21,36 |

Tabla 12A. Análisis de la varianza de longitud de la hoja a los 14 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|-------|----|-------|------|---------|
| Tratamiento | 46.55 | 2 | 23.28 | 3.15 | 0.0920 |
| Error | 66.56 | 9 | 7.40 | | |
| Total | 24.02 | 11 | | | |

Tabla 13A. Longitud de la hoja a los 21 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|-------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 20,45 | 21,53 | 22,9 | 20,2 | 21,27 |
| T2 | 17,15 | 14,95 | 15,75 | 13,3 | 15,29 |
| T3 | 30,3 | 27,4 | 23 | 27,05 | 26,94 |
| X | 22,63 | 21,29 | 20,55 | 20,18 | 21,16 |

Tabla 14A. Análisis de la varianza longitud de la hoja a los 21 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Tratamiento | 271.51 | 2 | 135.76 | 31.07 | 0.0001 |
| Error | 39.32 | 9 | 4.37 | | |
| Total | 310.83 | 11 | | | |

Tabla 15A. Longitud de la hoja a los 28 días.

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | | | | X |
|-------------|--------------|--------|-------|-------|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 19.78 | 22.35 | 22.7 | 20.08 | 21.23 |
| T2 | 22.15 | 20.425 | 22.2 | 19.37 | 21.04 |
| T3 | 33.48 | 27.48 | 28 | 29.1 | 29.51 |
| X | 25.13 | 23.42 | 24.30 | 22.85 | 23.93 |

Tabla 16A. Análisis de la varianza de longitud de la hoja a los 28 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|-------|-------|---------|
| Tratamiento | 187.48 | 2 | 93.74 | 24.16 | 0.0002 |
| Error | 34.91 | 9 | 3.88 | | |
| Total | 222.39 | 11 | | | |

Tabla 17A. Ancho de la hoja a los 7 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIÓN | | | | X |
|--------------|------------|------|------|-------|------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 0.4 | 0.41 | 0.39 | 0.44 | 0.41 |
| T2 | 0.5 | 0.48 | 0.51 | 0.50 | 0.50 |
| T3 | 0.40 | 0.39 | 0.40 | 0.385 | 0.39 |
| X | 0.43 | 0.43 | 0.43 | 0.44 | 0.43 |

Tabla 18A. Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 7 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|---------|----|---------|-------|---------|
| Tratamiento | 0.03 | 2 | 0.01 | 49.59 | <0.0001 |
| Error | 2.3E-03 | 9 | 2.6E-04 | | |
| Total | 0.03 | 11 | | | |

Tabla 19A. Ancho de la hoja a los 14 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 0.47 | 0.47 | 0.52 | 0.5 | 0.49 |
| T2 | 0.6 | 0.52 | 0.60 | 0.53 | 0.56 |
| T3 | 0.58 | 0.63 | 0.52 | 0.53 | 0.56 |
| X | 0.55 | 0.54 | 0.54 | 0.52 | 0.54 |

Tabla 20A. Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 14 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|---------|------|---------|
| Tratamiento | 0.01 | 2 | 0.01 | 3.49 | 0.0757 |
| Error | 0.02 | 9 | 1.7E-03 | | |
| Total | 0.03 | 11 | | | |

Tabla 21A. Ancho de la hoja a los 21 días.

| TRATAMIENTOS | REPETICIONES | | | | X |
|--------------|--------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 0.49 | 0.50 | 0.53 | 0.52 | 0.51 |
| T2 | 0.50 | 0.46 | 0.45 | 0.43 | 0.46 |
| T3 | 0.69 | 0.68 | 0.59 | 0.52 | 0.62 |
| X | 0.56 | 0.54 | 0.52 | 0.49 | 0.53 |

Tabla 22A. Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 21 día

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|---------|-------|---------|
| Tratamiento | 0.01 | 2 | 2,7E-03 | 11.06 | 0.0038 |
| Error | 0.01 | 9 | 1,7E-03 | | |
| Total | 0.08 | 11 | | | |

Tabla 23A. Ancho de la hoja a los 28 días.

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | | | | X |
|-------------|--------------|------|------|------|------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 0,6 | 0,6 | 0,6 | 0,7 | 0,63 |
| T2 | 0,8 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,68 |
| T3 | 0,6 | 0,7 | 0,6 | 0,7 | 0,65 |
| X | 0,67 | 0,63 | 0,63 | 0,67 | 0,65 |

Tabla 24A. Análisis de la varianza de ancho de la hoja a los 28 días.

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|------|----|---------|------|---------|
| Tratamiento | 0.01 | 2 | 2,5E-03 | 0.50 | 0.6224 |
| Error | 0.5 | 9 | 0.01 | 0.50 | |
| Total | 0.5 | 11 | | | |

Tabla 25A. Rendimiento en t/ha⁻¹

| TRATAMIENTO | REPETICIONES | | | | X |
|-------------|--------------|-------|-------|----|-------|
| | I | II | III | IV | |
| T1 | 20 | 23 | 22 | 25 | 22.5 |
| T2 | 30 | 39 | 29 | 35 | 33.25 |
| T3 | 48 | 38 | 35 | 36 | 39.25 |
| X | 32.67 | 33.33 | 28.67 | 32 | 31.67 |

Tabla 26A. Análisis de la varianza al rendimiento en t/ha⁻¹

| F.V. | SC | gL | CM | F | p-valor |
|-------------|--------|----|--------|-------|---------|
| Tratamiento | 576.17 | 2 | 206.31 | 14.05 | 0.0017 |
| Error | 184,5 | 9 | 11,6 | | |
| Total | 760.67 | 11 | | | |

C.V. 14.30

LABORATORIOS AGROLAB

INFORME DE ENSAYO N°-AGROLAB-FQ-746-10-2021

| | |
|-------------------------------|---------------------------|
| NOMBRE DEL CLIENTE: | Dra. Araceli Solis - UPSE |
| DIRECCIÓN: | Santa Elena |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: | Agua Potable |
| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA: | Envase de Polietileno |
| MUESTREO: | Particular |
| CÓDIGO DE LABORATORIO: | 746 |
| FECHA DE MUESTREO: | 01/02/2021 |
| FECHA DE RECEPCIÓN: | 01/02/2021 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | 02/02/2021 |
| FECHA DE EMISIÓN | 10/02/2021 |

ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO

| ENSAYO | UNIDAD | RESULTADO | MAXIMO PERMISIBLE* | METODO REFERENCIAL APLICADO |
|--|--------|-----------|--------------------|-----------------------------|
| pH | -- | 7,0(20°C) | 6,5-8,5 | APHA 4500 |
| Hierro total (Fe) | mg/l | 0,45 | 0,30 | HACH-8008 |
| Fosforo ((P-PO4) | mg/l | 0,040 | 0,10 | HACH- 8190 |
| Cobre (Cu) | mg/l | < 0,010 | 1,0 | HACH-8026 |
| Zinc (Zn) | mg/l | < 0,011 | 3,0 | HACH-8009 |
| Sulfatos (SO4) | mg/l | 0,34 | 200 | HACH-8051 |
| Sólidos Totales Disueltos | mg/l | 557 | 1000 | GRAVIMETRICO |
| Dureza Total (CaCO3) | mg/l | 35,7 | 300 | APHA: 2340C |
| Alcalinidad Total | mg/l | 144 | --- | STM-2320B |
| Cloruros (Cl-) | mg/l | 44,7 | 250 | APHA - 4500-CL-B |
| Nitrógeno Amoniacal (N-NH ₃) | mg/l | 0,02 | 0,5 | HACH - 8038 |

*Los máximos permisibles comparativos corresponden a los parámetros de la Norma NTE-INEN 1108:2006. Agua Potable requisitos.

Atentamente,



Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB



Figura 1A. Análisis de Agua.



ESTACION EXPERIMENTAL TROPICAL "PICHILINGUE"
LABORATORIO DE SUELOS, TEJIDOS VEGETALES Y AGUAS
 Km. 5 Carretera Quevedo - El Empalme; Apartado 24
 Quevedo - Ecuador Telef: 052 783044 suelos.ctp@iniap.gob.ec

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

| DATOS DEL PROPIETARIO | | DATOS DE LA PROPIEDAD | | PARA USO DEL LABORATORIO | |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------|---------------------------|--------------------------|--------------|
| Nombre | : Valle Solano Diana Marisol | Nombre | : Sin Nombre | Cultivo Actual | : |
| Dirección | : dianavalle.12@hotmail.com | Provincia | : Península de Sta. Elena | N° de Reporte | : 6019 |
| Ciudad | : Santa Elena | Cantón | : Santa Elena | Fecha de Muestreo | : 05/08/2019 |
| Teléfono | : 0962724882 | Parroquia | : | Fecha de Ingreso | : 05/08/2019 |
| Fax | : | Ubicación | : Sitio | Fecha de Salida | : 21/08/2019 |

| N° Muest. | meq/100ml | | | dS/m | (%) | Ca | Mg | Ca+Mg | meq/100ml | (meq/l) ^{1/2} | ppm | Textura (%) | | | Clase Textural |
|-----------|-----------|----|----|------|-------|-----|-------|-------|-----------|------------------------|-----|-------------|------|---------|----------------|
| | Al+H | Al | Na | C.E. | M.O. | Mg | K | K | Σ Bases | RAS | Cl | Arena | Limo | Arcilla | |
| 95813 | | | | | 5,1 A | 1,3 | 27,94 | 66,18 | 22,84 | | | 60 | 24 | 16 | Franco-Arenoso |

| INTERPRETACION | | | |
|----------------|------------------|-----------------|-----------|
| AP+H, Al y Na | C.E. | | M.O. y Cl |
| B = Bajo | NS = No Salino | S = Salino | B = Bajo |
| M = Medio | LS = Lig. Salino | MS = Muy Salino | M = Medio |
| T = Tóxico | | | A = Alto |

| ABREVIATURAS |
|--------------------------------------|
| C.E. = Conductividad Eléctrica |
| M.O. = Materia Orgánica |
| RAS = Relación de Adsorción de Sodio |

| METODOLOGIA USADA |
|------------------------------------|
| C.E. = Conductímetro |
| M.O. = Titulación de Walkley Black |
| AP+H = Titulación con NaOH |

RESPONSABLE DPTO. SUELOS Y AGUA

RESPONSABLE LABORATORIO

Figura 2A. Análisis de Suelo.

Tabla 21A. Programación de riego para el pasto buffer (*Cenchrus ciliaris* L).

| Nº | Fecha | Evaporación de la tina (mm) | Coeficiente de tina Kp | Eva. Potencial Eto | Coeficiente de cultivo Kc | Etc | Intervalo de riego (Días) | Fracción de lavado Ri | Tratamiento al 80% | | | Tratamiento al 100% | | | Tratamiento al 120% | | |
|------------------------|---------------|-----------------------------|------------------------|--------------------|---------------------------|------|---------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|---------------------|-----------------------|-----------------|
| | | | | | | | | | Lamina aplicada mm | Tiempo de riego Horas | Volumen a m3/ha | Lamina aplicada mm | Tiempo de riego Horas | Volumen a m3/ha | Lamina aplicada mm | Tiempo de riego Horas | Volumen a m3/ha |
| Riego calculado | 15-21/03/2021 | 3,8 | 0,8 | 3,1 | 1,1 | 3,4 | 7,0 | 1,0 | 25,26 | 2,1 | 252,6 | 25,26 | 2,1 | 252,6 | 25,26 | 2,1 | 252,6 |
| 1 | 22/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 2 | 23/03/2021 | 1,5 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 7,0 | 1,0 | 1,2 | 0,1 | 12,2 | 1,5 | 0,1 | 15,3 | 1,8 | 0,2 | 18,3 |
| 3 | 24/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 4 | 25/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 5 | 26/03/2021 | 3,0 | 0,8 | 2,3 | 1,1 | 2,5 | 7,0 | 1,0 | 2,4 | 0,2 | 24,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 | 3,7 | 0,3 | 36,6 |
| 6 | 27/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 7 | 28/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| Primer riego | | 14,5 | 0,8 | 10,9 | 1,1 | 12,0 | 7,0 | 1,0 | 11,8 | 1,0 | 118,0 | 14,7 | 1,2 | 147,4 | 17,7 | 1,5 | 176,9 |
| 1 | 29/03/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 2 | 30/03/2021 | 2,5 | 0,8 | 1,9 | 1,1 | 2,1 | 7,0 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,5 | 0,2 | 25,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 |
| 3 | 31/03/2021 | 1,5 | 0,8 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 7,0 | 1,0 | 1,2 | 0,1 | 12,2 | 1,5 | 0,1 | 15,3 | 1,8 | 0,2 | 18,3 |
| 4 | 01/04/2021 | 2,7 | 0,8 | 2,0 | 1,1 | 2,2 | 7,0 | 1,0 | 2,2 | 0,2 | 22,0 | 2,7 | 0,2 | 27,5 | 3,3 | 0,3 | 32,9 |
| 5 | 02/04/2021 | 2,5 | 0,8 | 1,9 | 1,1 | 2,1 | 7,0 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,5 | 0,2 | 25,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 |
| 6 | 03/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 7 | 04/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| Segundo riego | | 15,2 | 0,8 | 11,4 | 1,1 | 12,5 | 7,0 | 1,0 | 12,4 | 1,0 | 123,6 | 15,5 | 1,3 | 154,6 | 18,5 | 1,6 | 185,5 |
| 1 | 05/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 2 | 06/04/2021 | 1,8 | 0,8 | 1,4 | 1,1 | 1,5 | 7,0 | 1,0 | 1,5 | 0,1 | 14,6 | 1,8 | 0,2 | 18,3 | 2,2 | 0,2 | 22,0 |
| 3 | 07/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 4 | 08/04/2021 | 2,2 | 0,8 | 1,7 | 1,1 | 1,8 | 7,0 | 1,0 | 1,8 | 0,2 | 17,9 | 2,2 | 0,2 | 22,4 | 2,7 | 0,2 | 26,8 |
| 5 | 09/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 6 | 10/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 7 | 11/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| Tercer riego | | 14,0 | 0,8 | 10,5 | 1,1 | 11,6 | 7,0 | 1,0 | 11,4 | 1,0 | 113,9 | 14,2 | 1,2 | 142,4 | 17,1 | 1,4 | 170,8 |
| 1 | 12/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 2 | 13/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| 3 | 14/04/2021 | 2,5 | 0,8 | 1,9 | 1,1 | 2,1 | 7,0 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,5 | 0,2 | 25,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 |
| 4 | 15/04/2021 | 2,3 | 0,8 | 1,7 | 1,1 | 1,9 | 7,0 | 1,0 | 1,9 | 0,2 | 18,7 | 2,3 | 0,2 | 23,4 | 2,8 | 0,2 | 28,1 |
| 5 | 16/04/2021 | 2,5 | 0,8 | 1,9 | 1,1 | 2,1 | 7,0 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,5 | 0,2 | 25,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 |
| 6 | 17/04/2021 | 2,5 | 0,8 | 1,9 | 1,1 | 2,1 | 7,0 | 1,0 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,5 | 0,2 | 25,4 | 3,1 | 0,3 | 30,5 |
| 7 | 18/04/2021 | 2,0 | 0,8 | 1,5 | 1,1 | 1,7 | 7,0 | 1,0 | 1,6 | 0,1 | 16,3 | 2,0 | 0,2 | 20,3 | 2,4 | 0,2 | 24,4 |
| Cuarto riego | | 15,8 | 0,8 | 11,9 | 1,1 | 13,0 | 7,0 | 1,0 | 12,9 | 1,1 | 128,5 | 16,1 | 1,4 | 160,7 | 19,3 | 1,6 | 192,8 |
| | | | | | | | | | 48,4 | 4,1 | 484,0 | 60,5 | 5,1 | 605,0 | 72,6 | 6,1 | 726,0 |



Figura 4A. Reconocimiento del área experimental.



Figura 5A. Ubicación de los aspersores en cada elevador del sistema de riego por aspersión.



Figura 6A. Instalación de elevadores para el sistema de riego por aspersión.



Figura 7A. Evaluación del sistema de riego.



Figura 8A. Toma de datos a los 7 días después del corte de igualación.



Figura 9A. Toma de datos a los 14 días después del corte de igualación.



Figura 10A. Toma de datos a los 28 días después del corte de igualación.



Figura 11A. Pesaje del Pasto buffer.