

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**

**CENTRO DE POSTGRADO**



**MAESTRÍA EN AGROPECUARIA**

**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ACRILATO DE POTASIO Y FRECUENCIA  
DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PASTO**

Trabajo de titulación previa la obtención del  
Título de Magister en Agropecuaria

**AUTOR:** Walter Orlando Guerrero Jirón

**TUTOR:** MSc. David Herrera

Tulcán, 2022

## **CERTIFICADO DEL TUTOR**

Certifico que el maestrante Walter Orlando Guerrero Jirón con el número de cédula 0401320833 ha elaborado el Trabajo de Titulación: “Evaluación del efecto del acrilato de potasio y frecuencia de riego sobre la producción de pasto”. Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Titulación de Postgrado con RESOLUCIÓN N° 150.CSUP- 2020, por lo tanto, autorizo su presentación para la sustentación respectiva.

f.....

MSc. David Herrera

Tulcán, enero de 2023

## AUTORÍA DEL TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye un requisito previo para la obtención del título de Magister en Sistemas de Producción de Rumiantes.

Yo, Walter Orlando Guerrero Jirón, con cédula de identidad número 0401320833, declaro: que la investigación es absolutamente original, autentica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f .....

Walter Guerrero Jirón

Tulcán, enero de 2023

## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Walter Orlando Guerrero Jirón declaro ser autor/a de los criterios emitidos en el trabajo de titulación: “Evaluación del efecto del acrilato de potasio y frecuencia de riego sobre la producción de pasto”, y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Walter Guerrero Jirón

Tulcán, enero de 2023

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedico a Dios, por darme la fuerza y perseverancia para continuar en este proceso para obtener una meta más en mi vida profesional. A mis padres, por su apoyo en todos estos años, a mi familia, compañeros y amigos por su soporte incondicional, y a todas las personas que me han ayudado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi por haberme brindado la oportunidad de ser parte de éste primer grupo de estudiantes en la Maestría de Agropecuaria y a todos los profesores que fueron guías importantes en todo el programa. A MSc. David Herrera por su dirección y aporte valioso en el desarrollo de este trabajo.

## ÍNDICE

AUTORÍA DEL TRABAJO .....	III
ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN .....	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
ÍNDICE.....	VII
Resumen.....	XIII
Abstract.....	XIV
Introducción .....	1
I. PROBLEMA .....	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	3
1.1.1. Formulación del Problema.....	5
1.2. PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.3. HIPÓTESIS .....	5
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.4.1. Objetivo General .....	5
1.4.2. Objetivos Específicos .....	5
1.5. JUSTIFICACIÓN .....	6
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	8
2.1. ANTECEDENTES .....	8
2.1.1. Uso de Hidrogel en Gramíneas .....	8
2.1.2. Uso de Hidrogel en Especies Forestales .....	9
2.1.3. Uso de Hidrogel en Cultivos Perennes.....	10
2.1.4. Uso de Hidrogel en Hortalizas .....	11
2.2. MARCO TEÓRICO .....	13
2.2.1. Hidrogel .....	13
2.2.2. Propiedades del Hidrogel .....	13
2.2.3. Clasificación de Hidrogeles .....	13
2.2.4. Características Físicas y Químicas de los Hidrogeles.....	14
2.2.5. Ventajas de los Hidrogeles.....	15
2.2.6. Desventajas de los Hidrogeles .....	15
2.2.7. Uso Actual de los Hidrogeles .....	15
2.2.8. Pastos y Forrajes .....	16
2.2.9. Pasto Raigrás (Lolium Multiflorum) .....	17
2.2.10. Clasificación Taxonómica .....	18
2.2.11. Descripción Botánica.....	19

2.2.12.	Requerimiento del agua para el cultivo de raigrás .....	20
2.2.13.	Pasto Kikuyo ( <i>Pennisetum clandestinum</i> ) .....	22
2.2.14.	Clasificación Taxonómica .....	23
2.2.15.	Descripción Botánica .....	24
2.2.16.	Desventajas nutricionales del Pasto Kikuyo .....	25
2.2.17.	Pastoreo y Corte de Kikuyo .....	25
2.2.18.	Determinación de Materia Seca .....	26
2.3.	MARCO LEGAL .....	27
III.	METODOLOGÍA .....	28
3.1.	ÁREA DE ESTUDIO .....	28
3.1.1.	Ubicación de la Finca .....	28
3.1.2.	Características de la zona donde se realizó el ensayo .....	28
3.2.	ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	29
3.2.1.	Enfoque .....	29
3.2.2.	Tipo de investigación .....	29
3.3.	DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	30
3.4.	MÉTODOS UTILIZADOS .....	31
3.4.1	Método Hipotético Deductivo .....	31
3.4.2	Técnicas .....	31
3.4.3	Fuentes de Información .....	31
3.5.	FACTORES EN ESTUDIO .....	31
3.5.1	Factor A (Dosis de Acrilato de Potasio) .....	31
3.5.2	Factor B (Frecuencia de Riego) .....	32
3.6.	PROCEDIMIENTO .....	32
3.6.1.	Altura de Planta .....	32
3.6.2.	Longitud de Hoja .....	32
3.6.3.	Cubrimiento de Área .....	32
3.6.4.	Producción de Pasto .....	32
3.6.5.	Costo Económico .....	33
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	33
3.7.1.	Tratamientos Evaluados .....	33
3.7.2.	Protocolo de Diseño Experimental .....	34
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
4.1.	RESULTADOS .....	36
4.1.1.	Altura de Planta .....	36
4.1.2.	Longitud de Hoja .....	38
4.1.3.	Materia Verde .....	40



4.1.4.	Materia Seca.....	43
4.1.5.	Cubrimiento de Área.....	44
4.1.6.	Tratamiento Inicial de Datos.....	46
4.1.7.	Análisis General de Varianza.....	47
4.1.8.	Supuestos del Análisis General de Varianzas .....	48
4.1.9.	Análisis Post-Hoc.....	49
4.1.10.	Análisis de Varianzas Complementario de Tratamientos frente a la Fecha de Corte.....	52
4.1.11.	Supuestos del Análisis de Varianzas Complementario. ....	53
4.1.12.	Análisis Post-Hoc del ANOVA Complementario.....	54
4.1.13.	Comparaciones Estadísticas Adicionales .....	55
4.1.13.1.	ANOVA Altura de Planta Según Tratamientos y Fecha de Corte.....	55
4.1.13.2.	ANOVA Longitud de Hoja según Tratamientos y Fecha de Corte.....	57
4.1.13.3.	ANOVA Peso de Materia Verde Según Tratamientos y Fecha de Corte.....	59
4.1.14.	Análisis de Costos .....	61
4.2.	DISCUSIÓN .....	63
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	65
	CONCLUSIONES .....	65
	RECOMENDACIONES.....	66
	REFERENCIAS.....	67
	ANEXOS.....	72

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica pasto raigrás.....	18
Tabla 2. Clasificación taxonómica del pasto kikuyo.....	23
Tabla 3. Operacionalización de variables.....	30
Tabla 4. Tratamientos en el ensayo.....	33
Tabla 5. Distribución del ensayo en el campo.....	34
Tabla 6. Análisis de varianza para altura de planta.....	36
Tabla 7. Prueba de Tukey para altura de planta.....	36
Tabla 8. Prueba de Tukey en frecuencias de riego para altura de planta.....	37
Tabla 9. Prueba de Tukey en dosis para altura de planta.....	37
Tabla 10. Análisis de varianza para longitud de hoja.....	39
Tabla 11. Prueba de Tukey para longitud de hoja.....	39
Tabla 12. Prueba de Tukey de frecuencias de riego para longitud de hoja.....	40
Tabla 13. Análisis de varianza para materia verde.....	41
Tabla 14. Prueba de Tukey para materia verde.....	41
Tabla 15. Prueba de Tukey entre frecuencias de riego para materia verde.....	42
Tabla 16. Análisis de varianza para materia seca.....	43
Tabla 17. Prueba de Tukey para materia seca.....	43
Tabla 18. Prueba de Tukey entre frecuencias de riego para materia seca.....	44
Tabla 19. Análisis de varianza para cubrimiento de área.....	45
Tabla 20. Prueba de Tukey para cubrimiento de área.....	45
Tabla 21. Prueba de Tukey para cubrimiento de área en frecuencias de riego.....	46
Tabla 22. Esquema ANOVA general.....	48
Tabla 23. Esquema ANOVA complementario.....	53
Tabla 24. Esquema ANOVA altura de planta.....	56
Tabla 25. Esquema ANOVA longitud de hoja.....	57
Tabla 26. Esquema ANOVA materia verde.....	59
Tabla 27. Esquema ANOVA cubrimiento de área.....	60
Tabla 28. Análisis de costos de los tratamientos.....	62

## Índice de Figuras

Figura 1. Área de estudio .....	28
Figura 2. Altura de planta .....	38
Figura 3. Longitud de hoja.....	40
Figura 4. Materia verde .....	42
Figura 5. Materia seca .....	44
Figura 6. Cubrimiento de área.....	46
Figura 7. Gráfico Cuantil – Cuantil (QQ plot).....	47
Figura 8. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) .....	50
Figura 9. Gráfica de efectos del factor dosis de acrilato. ....	51
Figura 10. Gráfica de efectos del factor frecuencia de riego.....	52
Figura 11. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA complementario .....	54
Figura 12. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA complementario .....	55
Figura 13. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de altura de planta .....	57
Figura 14. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de longitud de hoja.....	58
Figura 15. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de materia verde.....	60
Figura 16. Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA cubrimiento de área .....	61

## Índice de anexos

Anexo 1. Acta de Pre-defensa .....	72
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas .....	73

## Nomenclatura

Centímetro.....	cm
Gramo.....	gr
Hectárea.....	ha
Kilogramo.....	kg
Lamina neta.....	Ln
Litro.....	L
Materia seca.....	MS
Metros sobre el nivel del mar.....	m.s.n.m
Milímetro.....	mm
Metro.....	m
Metro cuadrado.....	m <sup>2</sup>
Metro cubico.....	m <sup>3</sup>
Tonelada.....	t
Tratamiento.....	T

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI**  
**CENTRO DE POSGRADO**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN AGROPECUARIA**  
**EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ACRILATO DE POTASIO Y FRECUENCIA**  
**DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PASTO**

**Autor:** Walter Orlando Guerrero Jirón

**Tutor:** MSc. David Herrera

**Año:** 2022

**Resumen**

La presente investigación tuvo por objeto evaluar el efecto de acrilato de potasio, en diferentes dosis y frecuencias de riego sobre la producción de pasto en la Finca San Antonio, Cantón Bolívar, Provincia del Carchi, en comparación con el sistema tradicional del agricultor en el cual no utiliza el retenedor de agua y no aplica frecuencias, ni sistemas de riego, dependen del sistema de riego tradicional. Como variables en estudio se evaluaron: dos dosis de acrilato de potasio, tres frecuencias de riego, producción de pasto (MS), y costo económico. El análisis estadístico se realizó mediante un diseño experimental DBCA en arreglo factorial A x B + 1. El cual se diseñó de la siguiente manera: T1 frecuencia de riego solo a la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 100 kg ha<sup>-1</sup>, T2 frecuencia de riego cada 15 días después de la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 100 kg ha<sup>-1</sup>, T3 frecuencia de riego cada 30 días después de la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 100 kg ha<sup>-1</sup>, T4 frecuencia de riego solo a la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 200 kg ha<sup>-1</sup>, T5 frecuencia de riego cada 15 días después de la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 200 kg ha<sup>-1</sup>, T6 frecuencia de riego cada 30 días después de la siembra, con una dosis de acrilato de potasio de 200 kg ha<sup>-1</sup>, T7 testigo absoluta con una frecuencia de riego cada 15 días después de la siembra, con una dosis de 0 kg ha<sup>-1</sup>, 7 tratamientos y 4 repeticiones. Las dosis de acrilato de potasio de 100 y 200 kg ha<sup>-1</sup>, y la frecuencia de riego cada 15 días, son las que mostraron mayor significancia en relación a las frecuencias de riego de solo al inicio de cultivo y a los 30 días después de la siembra, esto se demostró en los datos tomados tanto en altura de planta, longitud de hoja de corte, peso de materia verde, peso de (MS), porcentaje de cubrimiento de área, para una mejor producción de pasto.

**Palabras clave:** acrilato de potasio, materia verde, materia seca, riego, producción de pasto

## Abstract

The purpose of this research was to evaluate the effect of potassium acrylate, at different doses and irrigation frequencies, on pasture production at Finca San Antonio, Bolívar Canton, Carchi Province, compared to the farmer's traditional system in which it does not use the water retainer and does not apply frequencies or irrigation systems, they depend on the traditional irrigation system. As variables under study were evaluated: two doses of potassium acrylate, three irrigation frequencies, grass production (DM), and economic cost. Statistical analysis was performed using a DBCA experimental design in factorial arrangement  $A \times B + 1$ . It was designed as follows: T1 frequency of irrigation only at planting, with a dose of potassium acrylate of  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , T2 frequency of irrigation every 15 days after sowing, with a dose of potassium acrylate of  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , T3 frequency of irrigation every 30 days after sowing, with a dose of potassium acrylate of  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , T4 frequency of irrigation only at sowing, with a dose of potassium acrylate of  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , T5 frequency of irrigation every 15 days after sowing, with a dose of potassium acrylate of  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , T6 irrigation frequency every 30 days after sowing, with a dose of potassium acrylate of  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , T7 absolute control with an irrigation frequency every 15 days after sowing, with a dose of  $0 \text{ kg ha}^{-1}$ , 7 treatments and 4 repetitions. The doses of potassium acrylate of 100 and  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ , and the frequency of irrigation every 15 days, are the ones that showed the greatest significance in relation to the frequencies of irrigation only at the beginning of cultivation and 30 days after planting, this was demonstrated in the data taken both in plant height, cut leaf length, weight of green matter, weight of (DM), percentage of area coverage, for a better grass production.

**Keywords:** potassium acrylate, green matter, dry matter, irrigation, pasture production

## Introducción

La ganadería en el Ecuador depende del pastoreo, los pastos a más de constituir el alimento más barato disponible para la alimentación del ganado, ofrecen todos los nutrientes necesarios para un buen desempeño animal, por lo tanto, todo lo que se pueda hacer por mejorar la tecnología de producción de pastos ayudará en forma directa en la producción de carne, leche, etc. Por otra parte, los animales criados a campo, son más saludables (Instituto Nacional de Estadística y Censo INEC, 2018).

Los niveles de productividad de las pasturas y de la ganadería en los países desarrollados, son altos; estas sociedades han aprendido debido al desarrollo secuencial de las estaciones climáticas, que les impone límites de tiempo para ejecutar las actividades agropecuarias programadas, de esta manera llegan a la época invernal preparados y no solamente que logran mantenerse, sino que lo hacen de manera exitosa. La mayor parte del territorio ecuatoriano, tiene condiciones ambientales favorables para producir pastos todo el año, en el país no existen los inviernos rigurosos de Europa, ni las sequías extremas de África donde el clima obliga a confinar el ganado (Bonifaz, 2018).

Entonces, por las ventajas comparativas se debería ser excelentes productores, y tener la posibilidad de hacerlo con costos más bajos, la ganadería pastoril es más económica que la de confinamiento. Falta actitud positiva, decisión para aplicar tecnología en la producción de pastos; el ganadero debe conocer y saber interpretar la realidad de sus predios y tener la capacidad de resolver los problemas de manera oportuna y eficiente, como lo hacen los agricultores - ganaderos de otras latitudes. La ganadería debe desarrollarse de manera urgente, y estar preparada para los cambios futuros de precio de la leche y carne, como consecuencia de posibles convenios comerciales con países desarrollados, que abren oportunidades y competencia en algunos rubros agropecuarios, entre ellos la carne y la leche. Los pastos y los forrajes son cultivos, por lo tanto, para su producción y manejo se necesitan bases agrícolas, pero su aprovechamiento es con y para los animales,

entonces también se requieren bases pecuarias, por ello la temática relacionada con los pastos y los forrajes es muy variada y extensa (León, 2018).



## I. PROBLEMA

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la Sierra Ecuatoriana la ganadería es una actividad socio-económica de gran importancia, ya que involucra a pequeños, medianos y grandes productores. Según el INEC (2017), la superficie con pastos cultivados a nivel nacional fue de 899.845 has, con rendimientos estimados en forraje verde de 17 t ha<sup>-1</sup> y un rendimiento en materia seca de 3,1 t ha<sup>-1</sup>. Los rendimientos de los cultivos de secano son 3,6 veces menores que los de cultivos bajo riego, sin embargo, el valor económico de las cosechas de estos últimos, es 6,6 veces mayor que el de cultivos sin riego.

En la provincia del Carchi el 41% de las tierras están destinadas a pastos naturales, 22% a montes y bosques, 14% a pastos cultivados y 11% para cultivos transitorios y barbecho. La mayor cantidad de territorio está cubierto de pasto natural y bosques, usos que no se encuentran ubicados en el territorio vulnerable a sequías, a diferencia de los pastos cultivados 14% y cultivos transitorios y barbecho 11,4%, que están ubicados en áreas vulnerables a la sequía; lo cual significa que el 25% de la provincia está dedicado a la producción agropecuaria sujeto a problemas de sequía, se estima que 120 mil cabezas de ganado sufren los efectos de prolongados veranos (INEC, 2018).

En el Cantón Bolívar, el 65,71% de la población, se dedica a la actividad agrícola y ganadera, con un total de 9.663,93 has, de las cuales 3.626,52 has son de pasto natural y 1.388,14 has de pasto cultivado, correspondientes al 37,53% y 14,36% de la superficie respectivamente. Este cantón presenta un clima semi húmedo - húmedo seco, con una temperatura media anual de 13,8 °C, mínima de 6 °C y máxima de 20 °C, precipitación promedio anual máximo de 805mm en época de lluvia y mínimo 400mm época seca correspondiente a los meses de junio a septiembre y humedad relativa del 70% (Varela y Ron, 2018).

El 60% de productores agrícolas de Bolívar cuentan con agua para riego, que proviene en su mayor parte de las fuentes del río Apaquí . El 83% de agua de riego se capta del canal del Sistema de Riego Montúfar, que cubre la una superficie de 10.055,86 hectáreas de suelo agrícola del cantón, beneficiando de a 5.350 usuarios, el 17% restante proviene de ríos, quebradas, etc. (Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del cantón Bolívar, 2016).

A pesar de ser necesario emplear otros métodos de riego de mayor eficiencia técnica que permitan optimizar el recurso hídrico, debido a la falta de tecnificación, el mayor porcentaje de los agricultores utilizan el método por gravedad mediante surcos e inundación, este sistema provoca la erosión de los suelos, por lo que es imprescindible utilizar nuevas técnicas de riego para optimizar el agua y preservar los suelos (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura FAO, 2013).

El método de riego por gravedad emplea la mayor cantidad de agua en comparación con el método por aspersión, así mismo el riego por gravedad es de menor eficiencia para la producción de pasto, bajo las condiciones evaluadas en el ciclo del cultivo. El método por gravedad genera el valor más alto para la huella hídrica total, con  $1,64 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de materia verde, mientras que para el método de riego por aspersión es de  $0,76 \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1}$  de materia verde (León *et al.*, 2018). La relación del agua eficientemente utilizada en los cultivos y el agua total utilizada en la práctica del riego, demuestra la eficacia de los métodos de riego, para el método por gravedad del 40 al 65% y para el método de aspersión del 80 al 85%.

La alimentación del ganado se basa principalmente en el consumo de pastos, siendo el kikuyo la especie que predomina en el sector, por lo que es necesario dosificar balanceados para cubrir los requerimientos nutricionales de los animales, esto demuestra la poca tecnificación agropecuaria del cantón. Para la zona de estudio no existe información exacta de la producción de pastos y forrajes por hectárea, pero se conoce que los rendimientos son bajos y que esto se debe principalmente a factores tales como: inestabilidad, frecuencia en la cantidad de lluvias, agresividad de las gramíneas invasoras,

mala preparación del suelo, baja calidad de semillas, inapropiado pastoreo y sobre todo por el mal manejo del riego (Caviedes *et al.*, 2018).

### 1.1.1. **Formulación del Problema**

La falta de conocimiento, tecnificación y mala aplicación del riego en el cultivo de pasto, conlleva a que las producciones en la zona de estudio sean muy bajas, por lo cual el uso de acrilato de potasio podría incrementar el rendimiento y un mejor aprovechamiento del recurso agua en este cultivo.

## 1.2. **PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

- ¿Cuál es el efecto del acrilato de potasio en la producción de pasto?
- ¿Cuál es la frecuencia de riego recomendada para cubrir el requerimiento hídrico a diferentes dosis de acrilato de potasio?
- ¿Cuál es el impacto económico en la producción de pasto?

## 1.3. **HIPÓTESIS**

- **HI** La aplicación de acrilato de potasio, a diferentes dosis y a diferentes frecuencias de riego aumenta la producción de pasto en la zona.
- **HO** La aplicación de acrilato de potasio, a diferentes dosis y a diferentes frecuencias de riego no aumenta la producción de pasto en la zona.

## 1.4. **OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### 1.4.1. **Objetivo General**

Evaluar el efecto de acrilato de potasio y frecuencia de riego sobre la producción de pasto.

### 1.4.2. **Objetivos Específicos**

- Determinar el efecto del acrilato de potasio sobre la producción de pasto.
- Definir la frecuencia de riego necesaria para cubrir el requerimiento hídrico de la producción de pasto.

- Establecer la importancia económica del uso de acrilato de potasio sobre la producción de pasto.

## 1.5. JUSTIFICACIÓN

La sequía es el estrés ambiental más importante que afecta el crecimiento, el desarrollo y la productividad de los cultivos. La comprensión de los mecanismos de tolerancia de las plantas a este estrés, constituye uno de los retos más importantes para los investigadores de la rama agrícola y para la mejora de las plantas. Esta situación se agrava si se consideran las consecuencias del cambio climático, el cual exacerba el estrés abiótico a escala global al aumentar la irregularidad de los eventos meteorológicos. Por estas razones, es necesario el desarrollo de estrategias que permitan la adaptación de los cultivos a ambientes específicos o identificar en edades tempranas aquellos que puedan mantener rendimientos altos en condiciones de déficit hídrico (Begum *et al.*, 2016).

La germinación y las primeras etapas del desarrollo vegetativo constituyen los momentos más vulnerables dentro del ciclo de vida de las plantas. Una buena germinación puede contribuir notablemente con el tránsito de la planta por las diferentes etapas fenológicas (Channaoui *et al.*, 2017).

Considerando que la base de la economía de la provincia del Carchi es netamente agrícola y ganadera, la ausencia de precipitaciones, 72% por debajo de lo normal, han provocado pérdidas en los cultivos de cebolla, papa, arveja, hay alta escasez de alimentación y forraje para el ganado. El déficit hídrico que soporta la zona se ha venido a agudizar en las últimas épocas secas provocando preocupación en los moradores de los cantones en los que cada día es más notorio el descenso de los niveles de agua en las vertientes y ríos, y que son las principales fuentes de acceso para su consumo humano, animal y el riego de los cultivos (INEC, 2018), por lo que es necesario encontrar otros métodos de riego de mayor eficiencia técnica que permitan optimizar el recurso hídrico.

Adicionalmente debe ser considerado que dentro de la línea de investigación la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, se encuentra la nutrición y alimentación de rumiantes, aplicadas a las buenas prácticas agropecuarias y su consecuente impacto ambiental en los sistemas de producción. En lo acorde la presente investigación aporta información técnica, no solo para la producción de pasto y alimentación de rumiantes si no también puede ser utilizada en producción de alimentos para especies menores (Plan Nacional de Creación de Oportunidades, 2021)

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Los fundamentos teóricos del estudio se sostienen en la compilación de información bibliográfica y documental sobre el acrilato de potasio, frecuencia de riego y la producción de pasto, así como también la revisión de literatura de investigaciones realizadas en temas similares.

### 2.1. ANTECEDENTES

Se ha recopilado información que relaciona al tema con varias investigaciones detalladas a continuación.

#### 2.1.1. Uso de Hidrogel en Gramíneas

Pedroza *et al.* (2015), consideran que el aumento de la frecuencia y la intensidad de la sequía son el factor más crítico en la producción agrícola en zonas de precipitaciones, lo que motiva a realizar un estudio sobre el efecto de hidrogel y humus de lombriz como retenedor de humedad del suelo y del impacto sobre la fotosíntesis en la producción de maíz (*Zea mays*). Este estudio que se realizó en Bermejillo, Durango, detalla la utilización de un diseño de bloques al azar arreglando parcelas divididas; donde se aplica una dosis de hidrogel de 0, 12,5 y 25 kg ha<sup>-1</sup>, aplicando en las principales parcelas las dosis de humus de lombriz de 0 y 20 t ha<sup>-1</sup> y en las subparcelas las dosis de 12,5 y 25 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel favoreciendo el crecimiento y la productividad del maíz, el aumento de humedad del suelo en un 31,5%, en relación con el control. El rendimiento de grano se incrementó un 44,7% cuando se aplicaron 25 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel para producir 9,1 t ha<sup>-1</sup> en balance con 13,2 t ha<sup>-1</sup> producido por el control. Esto asoció con un mejor tamaño de la mazorca y mayores tasas de fotosíntesis y producción de biomasa. El vermicompost no influyó en el crecimiento y rendimiento del cultivo de maíz.

Del mismo modo se expone el estudio de Bravo y Loor (2021), en el que determinaron el efecto del hidrogel y vermicompost en la producción de pasto se realizó en la Unidad de Investigación de Pasto y Forrajes de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, en cantón Calceta de la provincia de Manabí indicando como objetivo general, evaluar el efecto del

hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto Cuba OM22 en época seca. Se evaluó la aplicación de cuatro dosis de hidrogel: 0, 5, 10 y 15 kg ha<sup>-1</sup> y una dosis de vermicompost: 40 t ha<sup>-1</sup> el área experimental fue de 2.000m<sup>2</sup>, estableciendo 48 parcelas de 3m de largo y 3m de ancho, separadas a 1m y entre réplicas a 2m, en cada una de las parcelas y a una distancia de 60 cm \* 60cm se realizaron los hoyos con una profundidad de 15cm para colocar las respectivas dosis de hidrogel y vermicompost un día antes de la plantación para obtener un mayor porcentaje y uniformidad de germinación.

Establecida la siembra del pasto se monitoreo durante las dos primeras semanas verificando la muerte de los esquejes para realizar la resiembra respectiva y alrededor de los 120 días el pasto lignifico y se inició el corte de uniformidad a 10cm del suelo y cada 15 días se tomó datos de las variables a estudiar: altura de planta, diámetro del tallo, rendimiento de biomasa fresca y peso seco de la biomasa. Después de los 241 días después de la siembra el contenido de la humedad edáfica fue mayor de cuando se aplicaron 5, 10 y 15 kg ha<sup>-1</sup> con valores de 25, 23,2 y 23,4% respectivamente, a los 346 después de la siembra, se observó algo similar, el cual se pierde a los 372 días después de la siembra. De acuerdo con las variables estudiadas la altura de la planta y el peso de materia seca fueron significativas a la del testigo en cualquiera de las dosis aplicadas del hidrogel. En la aplicación de 40 t ha<sup>-1</sup> de vermicompost se verificó el incremento significativo de la humedad del suelo y produjo mayor cantidad de materia seca de pasto buffel (Bravo y Loor, 2021).

### **2.1.2. Uso de Hidrogel en Especies Forestales**

En el estudio realizado por Barcia y Ontaneda (2017), en la parroquia San José de Ancón, comuna Prosperidad en la propiedad del señor Avelino Lizandro, se determinó el comportamiento agronómico de la especie forestal guasango en el prendimiento inicial utilizando tres tratamientos: T1 waterboxx, T2 hidrogel y el T3 convencional, de los cuales se obtuvo el 100% en el prendimiento con el waterboxx, un 90% con el hidrogel y un 88% con el convencional. Determinando la evaluación de diferentes variables en el desarrollo del cultivo: diámetro del tallo, número de hojas, diámetro de copa, altura de la planta y la cantidad de agua utilizada en cada tratamiento, datos

obtenidos mediante la toma diaria de datos durante 180 días de los cuales resulto conveniente aplicar el T1 con mayor porcentaje de prendimiento de las plantas con el agua a utilizar en las zonas áridas y semi-áridas.

De la misma manera se detalla a continuación el trabajo de Tomalá (2018), desarrollado en la zona árida de la Península de Santa Elena en la especie forestal algarrobo (*Prosopis juliflora*). Este estudio implementó un método de prendimiento como el ensayo anterior, evaluando el mismo método pero con la aplicación de un diseño experimental DBCA con tres tratamientos y siete repeticiones donde los resultados obtenidos se lograron después de 180 días, demostrando que el T1, que fue el uso del hidrogel es el mejor para el prendimiento de esta planta adaptándola a un crecimiento óptimo en las zonas secas de Ancón.

### **2.1.3. Uso de Hidrogel en Cultivos Perennes**

Entre las investigaciones sobre el uso de hidrogel en cultivos perennes se destaca el trabajo de Vicuña (2018), realizado en el bosque y Vegetación Protector Papagayo de Guayaquil, en la provincia del Guayas. El estudio se desarrolló en una superficie de 5.000m<sup>2</sup> de superficie, dividido en dos parcelas de 25m \* 100m, mitad superior del bloque corresponde a la parcela del tratamiento con hidrogel y la mitad inferior corresponde al tratamiento de control sin hidrogel, siendo cada parcela subdividida en cinco parcelas de 50m \* 20m en las que se plantó cinco especies vegetales nativas del bosque seco del Ecuador como fueron: Amarillo (*Centrolobium ochroxylum*), Cocobolo (*Cynometra bauhiniifolia*), Ébano (*Ziziphus thyrsoiflora*), Fernán Sánchez (*Triplaris cumingiana*) y Pechiche (*Vitex gigantea*).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la efectividad del hidrogel para garantizar un buen prendimiento de las plantas con enfoque en la reforestación con especies nativas, logrando de esta manera la recuperación de su estructura y composición del bosque, obteniendo como resultado de la aplicación del hidrogel, que las plantas alcancen una mayor altura en relación a las que no se les colocó el tratamiento. Además, ayudó a la supervivencia del Ébano con 75%, seguido del Amarillo con 70%, Fernán con 65% y el Pechiche



con 65%. Logrando así un prendimiento de las plantas con un 67% de supervivencia con la utilización del hidrogel mientras que sin el uso del hidrogel solo se obtuvo el 31%, concluyendo que el uso del polímero garantiza un mayor porcentaje de supervivencia en las plantaciones forestales realizadas en el bosque seco durante la época de sequía.

Otro importante estudio es el realizado por Pacheco *et al.* (2019), en la Sociedad de Producción Rural “Campo Aguilar” región semiárida de Caborca Sonora, zona que depende exclusivamente del agua de riego de pozos profundos que se extraen de acuíferos debido a la baja disponibilidad de agua y de los altos costos de energía requerida para su extracción, así como el incremento en la demanda del sector agrícola. La evaluación se realizó en el ciclo 2016 – 2017, en un huerto establecido de Olivo de 17 años, sembrado con un marco de plantación de 10m \* 5m (200 árboles ha<sup>-1</sup>). El experimento evaluó cuatro tratamientos, con dos niveles de riego al 100% y 50%, en combinación con la aplicación de 10 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel (BountiGel), los cuales se distribuyeron de la siguiente manera; T1 testigo 100% de riego, T2 con 100% de riego se adiciona 50 g \* árbol, un total de 10 kg ha<sup>-1</sup> de hidrogel, T3 testigo con 50% de riego, T4 con 50% de riego, se adiciona 50 gr \* árbol, un total de 10 kg \* ha<sup>-1</sup> de hidrogel.

A los tratamientos evaluados se le aplicó un total de 66 riegos durante todo el año logrando que el tratamiento 2 con 100% de riego más hidrogel y el tratamiento 4 con 50% de riego más hidrogel, minimicen el volumen de agua aplicado y maximicen la calidad de la fruta, con respecto a los testigos con 100 y 50% de riego respectivamente.

#### **2.1.4. Uso de Hidrogel en Hortalizas**

Torres *et al.* (2020), realizaron una investigación en Querétaro con la utilización del polímero como sustrato donde se agregan soluciones nutritivas para el desarrollo del cultivo de tomate y de pepino. El objetivo de este trabajo fue utilizar hidrogel de acrilato de potasio por su capacidad de disminuir la pérdida de fertilizantes y ser reserva de agua, permitiendo mantener o aumentar la producción de los cultivos.

El experimento se realizó en la primera fase con la aplicación del acrilato de potasio y fibra de coco, en un invernadero de 108 m<sup>2</sup>, en el cual se estableció tres tratamientos: 100% T1, 200% T2 y 500% T3, la evaluación se realizó en un tiempo de 3 horas con muestreos cada 30 minutos. En la mezcla de acrilato de potasio y fibra de coco para la retención de humedad se observó que el T1 retuvo entre 28 y 48% de agua en una temperatura promedio de 30 °C, en una región semiárida, en cuanto al fertilizante retuvo 747 ppm de nitrógeno y 139 ppm de fósforo aproximadamente por planta.

Con respecto a la tercera variable en el cultivo de tomate se presentó homogeneidad en número de plantas como en kg de fruto, con un rendimiento de 6 plantas \* m<sup>2</sup> y un total de 28,3 kg \* m<sup>2</sup> de fruto. Mientras que en el cultivo de pepino se obtuvo un rendimiento de 3 plantas \* m<sup>2</sup> y 2,3 kg \* m<sup>2</sup> de fruto. Con estos datos se concluyó el logro de la reducción del consumo de agua, fertilizante y una mejor producción de frutos.

Otro estudio realizado bajo condiciones ambientales diferentes es el de Beltrán (2020), el cual se desarrolló en la Granja Experimental "La Pradera" de la parroquia San José de Chaltura de la provincia de Imbabura. El objetivo fue evaluar el comportamiento del cultivo de lechuga y la eficiencia del uso de agua utilizando poliacrilato de potasio, además de evaluar la influencia del poliacrilato de potasio en el rendimiento del cultivo y cuantificar la eficiencia del uso de agua. Los niveles del poliacrilato de potasio fueron de 0, 0,25, 0,50 y 0,75 g \* planta, bajo las condiciones climáticas controladas, aplicando un diseño experimental de bloques completamente al azar con cuatro niveles y tres niveles, evaluando las siguientes variables: longitud de raíz, área foliar, materia seca de la raíz, de la parte aérea y concentración de clorofila. Los resultados de la investigación indicaron que el poliacrilato de potasio influye en el rendimiento de la planta de lechuga, la dosis 0,25 g, reflejó un mejor rendimiento de esta hortaliza.

No se presentaron significancias en el uso eficiente del agua, pero existió un ahorro en 10,86% en el consumo de este recurso con la aplicación de 0,50 g de poliacrilato. Los resultados permitieron comprobar que el poliacrilato de potasio es una alternativa eficaz para retener el agua en el suelo.

Los beneficios en producción y en el ahorro hídrico compensan la inversión al utilizar estos retenedores.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Hidrogel**

Aguirre (2021), define que los hidrogeles son polímeros hidro-absorbentes que, de acuerdo con su estructura reticulada tridimensional y a su capacidad de absorción principalmente en sus grupos carboxílicos, pueden absorber de 100 a 700 veces más de su peso y esto depende de la calidad de agua.

Los hidrogeles están formados por polímeros reticulados con sal sódica o potásica que debido a su estructura reticulada tridimensional así como la capacidad de hidratación de sus grupos carboxilos, absorben reversiblemente agua y los nutrientes disueltos en ella (Idrobo *et al.*, 2010).

### **2.2.2. Propiedades del Hidrogel**

Las propiedades de un hidrogel se encuentran basada en su estructura molecular y en el método de síntesis mediante su obtención. Existen también otro tipo de propiedades derivadas de acuerdo al hinchamiento del hidrogel en estas encontramos: el contenido de agua, porcentaje de agua, peso de hidratación, grado de hinchamiento, estabilidad dimensional, humectabilidad y permeabilidad (Wong, 2006).

### **2.2.3. Clasificación de Hidrogeles**

Hernández (2020), define que los hidrogeles pueden llegar a clasificarse de acuerdo a varias formas dependiendo las características y propiedades que se llegue a considerar de las cuales se detalla a continuación:

- En base a la naturaleza de los grupos laterales:

Pueden clasificarse en neutros o iónicos (aniónicos, catiónicos, anfóliticos).

- De acuerdo a sus características mecánicas y estructurales:

Se pueden clasificar en redes afines o redes fantasmas.

- De acuerdo al método de preparación:

Red homopolimérica, copolimérica, multipolimérica, o red polimérica interpenetrada.

- En base a la estructura física de la red:

En hidrogeles amorfos, semicristalinos, estructuras por enlaces de hidrógeno y agregados hidrocoloidales.

#### **2.2.4. Características Físicas y Químicas de los Hidrogeles**

López (2014), señala algunas de las características únicas de los hidrogeles:

- Carácter hidrófilo esto ocurre por la presencia en su forma molecular de grupos funcionales como (OH; grupo hidroxilo-alcohol, COOH, grupo ácido carboxílico, entre otros).
- La presencia de una red con tres dimensiones en la ordenación la cual origina que esta no se solubilice en el agua, esto debido a que presenta entrecruzamiento a causa de la presencia de fuerzas cohesivas pequeñas y a enlaces covalentes o iónicos.
- El monómero hidrófilo de partida y su baja densidad de entre cruzamiento determina un tacto suave y consistencia elástica del hidrogel.

Echeverría y Mijangos (2008), mencionan que los hidrogeles poseen una estructura con macromoléculas la cuales se encuentran intramolecularmente entrelazadas de dimensión coloidal, es por ello que presentan la habilidad de hincharse y deshincharse al estar en contacto con los líquidos los cuales varían con ciertos factores como:

- Campos eléctricos.
- Fuerzas iónicas.
- pH.

- Temperatura.

### **2.2.5. Ventajas de los Hidrogeles**

Hernández (2020), define las ventajas más comunes en la utilización del hidrogel y se detallan a continuación:

- Absorbe agua y lo mantiene disponible para las plantas en un tiempo promedio de 30 días.
- Absorbe hasta 700 veces su peso en agua.
- El hidrogel mantiene su poder de absorción en un tiempo promedio de 5 años.
- Favorece significativamente el crecimiento de los cultivos en regiones con escasas lluvias.
- Favorece la descompactación de los suelos.
- Favorece el ahorro de agua.
- Reduce el número de riegos.
- Aumentan los almacenamientos de agua de los suelos.
- Otorga una mejor condición de crecimiento de plantaciones en zonas de escasas lluvias.

### **2.2.6. Desventajas de los Hidrogeles**

Las sales reducen la capacidad de retención del polímero como en porcentaje de absorción, así como el tiempo de vida, aunque existe poca información. Algunos elementos que afectan la retención son el Hierro, los Fosfatos y la cal, esto significa que no todos los fertilizantes son compatibles con los hidrogeles (Hernández, 2020).

### **2.2.7. Uso Actual de los Hidrogeles**

En la actualidad el uso de los hidrogeles se implementa en diferentes tipos de cultivos sea este una gramínea, perenne o forestal, ya que soluciona el problema de déficit de agua en algunas zonas, ayuda al mejoramiento del suelo y controla la cantidad de agua utilizada en cada riego, optimizando el desarrollo

y crecimiento vegetativo de cada cultivo influyendo en el rendimiento y desarrollo de los frutos a obtener (Delgado, 2010).

#### **2.2.8. Pastos y Forrajes**

Constituyen el principal alimento para los rumiantes en varias zonas templadas en el mundo. Estas regiones en particular cuentan con condiciones climáticas, edáficas y ecológicas que permiten producir grandes cantidades de biomasa, y por consiguiente de carne y leche. Esto se logra utilizando racionalmente recursos naturales, empleando plantas forrajeras “C3 y C4” y animales adaptados a las condiciones. Los forrajes de clima templado son indispensables en sistemas agropecuarios sostenibles en base a pastoreo de praderas. El crecimiento y desarrollo de las plantas forrajeras (leguminosas y gramíneas) están determinados por la genética de la planta y por las condiciones ambientales a las cuales están expuestas. Es necesario conocer la respuesta fisiológica de cada especie a las condiciones ambientales para determinar las prácticas de manejo adecuadas para cada condición. Los tres factores más importantes en el desarrollo, maduración y producción final de las especies forrajeras son radiación solar o luz, temperatura, humedad y fertilidad del suelo (Gonzales, 2018).

En la Sierra Ecuatoriana la ganadería de leche es una actividad socio-económica importante ya que involucra a pequeños, medianos y grandes productores, según el INEC (2017), la superficie sembrada a nivel nacional con pastos cultivados fue de 899.845 has, con rendimientos estimados de 17 t de forraje verde ha<sup>-1</sup> y un rendimiento de materia seca de 3,1 t ha<sup>-1</sup>. La alimentación del ganado de leche se basa principalmente en el consumo de pastos y balanceados que cubren los requerimientos nutricionales de los animales; la producción de pastos y forrajes presenta bajos rendimientos debido principalmente a factores tales como: inestabilidad y frecuencia en la cantidad de lluvias, agresividad de las gramíneas invasoras; mala preparación de la cama de semilla y el manejo inapropiado del pastoreo (Caviedes *et al.*, 2018).

Obtener más forraje por hectárea en una explotación ganadera, constituye un aspecto muy importante para alcanzar costos de producción bajos. Para ello es fundamental disponer a lo largo de todo el año, una alimentación equilibrada y producida en la misma finca. Las condiciones climatológicas favorables como temperatura, humedad en el suelo y luminosidad, en algunas épocas del año, determinan un aumento en la producción forrajera, misma que debe ser aprovechada al máximo de su potencial. Una parte de los forrajes obtenidos en las épocas de mayor producción, deben ser conservados para alimentar al ganado en los momentos de baja productividad de los campos, específicamente en los meses secos donde el desarrollo de las praderas es bajo. Reducir los costos de producción es una tarea que todo productor ganadero debe realizar en su negocio, aprovechando al máximo los recursos técnicos, naturales y biológicos disponibles para poder realizar un eficiente manejo integrado del cultivo, donde sobresale, el correcto uso del agua, suelo, fertilizantes, semilla de calidad, control de malezas, plagas y enfermedades, labores culturales y mecanización. Si logramos utilizar eficientemente los aspectos enumerados anteriormente con un costo de producción de 3.500 dólares se puede obtener 60.000 kg de silo de maíz a un costo de 6 centavos de dólar por kg. Los procedimientos más utilizados para la conservación de forrajes son: ensilaje y henificación, permiten obtener más alimento por hectárea (Velásquez, 2018).

### **2.2.9. Pasto Raigrás (*Lolium Multiflorum*)**

Originario del centro y sur de Europa, Noroeste de África y Suroeste de Asia (Vibrans, 2012), de gran importancia dentro de los sistemas pastoriles, se identifica como una especie de rápido crecimiento, alta productividad y forraje de óptima calidad (Demagnet, 2013), se adapta a zonas que se encuentran entre los 2.400 y 3.200 m.s.n.m., con una temperatura que oscila entre los 12 °C a 18 °C; este tipo de cultivo requiere suelos francos o franco arcillosos, con fertilidad media a alta, que posean drenajes apropiados, con un pH de 6,6 a 7,3 (INIAP, 2014), así mismo demanda grandes cantidades de nitrógeno, fósforo y potasio como otras variedades de forrajes. Este tipo de pasto se muestra resistente ante el ataque de plagas y enfermedades (Villalobos y Sánchez, 2010).

Se estima que el raigrás es la mejor elección forrajera debido a su rápida germinación, destreza para crecer y desarrollarse, sus elevados rendimientos, calidad nutritiva y su alta resistencia al pisoteo, es considerada además como uno de los principales verdeos de invierno (Forero y Velásquez, 2009); al realizar el corte de pasto se recomienda efectuarlo de 2cm a 4cm del suelo (Chimborazo, 2013). En la sierra norte ecuatoriana, este pasto se cosecha cuando el 85% está seco, es un cultivo que se aprovecha primordialmente en verde 66%, su ensilaje se realiza en un 32% y el sobrante es henificado (Vargas, 2011).

### 2.2.10. Clasificación Taxonómica

La definición taxonómica detallada del pasto raigrás se define en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Clasificación taxonómica pasto raigrás.*

<b>Reino:</b>	Plantae
<b>Subreino:</b>	Trachebionta
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Subclase:</b>	Commelindiae
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Subfamilia:</b>	Poaceae
<b>Tribu:</b>	Poeae
<b>Género:</b>	<i>Lolium L.</i>
<b>Especie:</b>	<i>Lolium multiflorum</i>
<b>Nombre común:</b>	Raigrás

*Nota:* Tomada de SNAVM (2017)



### **2.2.11. Descripción Botánica**

El raigrás crece en forma de matas espesas, posee tallos lisos de hasta 1 a 1,3m de alto, compuestos por 2 a 4 nudos cortos alternantes y entrenudos largos huecos, con rizomas breves o sin ellos, constituyendo así macizos tiernos muy macollados y foliosos, encontrándose plantas de mediana a baja estatura (SNAVM, 2017).

Su sistema radicular se presenta de forma superficial y densa, siendo muy útil en la captación del agua en los primeros centímetros del perfil del suelo, está compuesto por raíces seminales y adventicias de prefoliación conduplicada y macollaje intravaginal (Chimborazo, 2013).

Las raíces seminales o principales se originan a partir de la radícula del embrión, el mismo que da lugar a la formación de la raíz primaria y otras raíces que van por encima de esta última, el número de raíces seminales es de 1 a 8, varía según la semilla y las condiciones ambientales; estas raíces actúan durante las primeras semanas de vida de la planta, se caracterizan por tener un desarrollo rápido, ya que luego serán reemplazadas por las raíces secundarias (Barea, 2011).

Las raíces que no provienen de la radícula del embrión son las llamadas raíces secundarias, adventicias o nodales, se forman en los nudos inferiores del tallo que permanecen enterrados y componen el verdadero sistema radical, el mismo que es fasciculado o en cabellera. Estas raíces se forman en la base de cada uno de los hijuelos y se renuevan con ellos. Sus hojas lampiñas, rígidas, plegadas a las yemas de color verde intenso, muy brillante en la cara inferior, tierno, glabro; de vainas cerradas, las inferiores rojizas y láminas plegadas de 0,8 a 2cm de ancho por 22cm de longitud aproximadamente. Las hojas exponen aurículas visibles hacia el ápice, su lígula es membranosa de 1 a 4mm de longitud (Vibrans, 2012).

El número de hojas muestra la edad fenológica de la planta, se utiliza para establecer el momento óptimo de cosecha del pasto raigrás y considera el intervalo mínimo de pastoreo, por lo tanto, en esta especie se realiza cuando este posee más de 2 hojas y el intervalo máximo de pastoreo que se alcanza,

con el inicio de la senescencia de la hoja más vieja. Posee inflorescencias en espiga dística, comprimida, sésil de 35 a 45cm de longitud aplanadas lateralmente. Sus espiguillas solitarias, alternas están adosadas al raquis por uno de sus costados sustituidas en cada artejo, la gluma interna por una excavación del raquis (Correa, 2016).

Las espiguillas van en número de 16 a 35 y se fijan sobre el tallo principal, son de 4 a 22 flores, hermafroditas, basítonas, de 10 a 20mm de longitud. Con las glumas de 5 a 10mm de largo, menores que los antecios. La lema de 4 a 8mm es ordinariamente mútica. El cariopse es ovalado, dorsiventralmente reducido y se exhibe vestido por las glumelas. En cuanto a la semilla de raigrás tenemos que: 1000 semillas pesan aproximadamente de 1,8 a 2,2 g y tienen una longitud de más o menos 4mm (Vibrans, 2012).

#### **2.2.12. Requerimiento del agua para el cultivo de raigrás**

El agua en el suelo es esencial para el buen desarrollo de la planta, para producir un kg de MS se necesita de 400 L de agua en promedio en todo su ciclo, el agua en el suelo es el encargado del transporte de los nutrientes a las raíces de las plantas, un pastizal que tenga altas producciones necesitará grandes aportaciones de agua (Álvarez, 2002).

En la práctica se habla de la necesidad de aportar 5 mm de agua por día para pastos, 150mm por mes. Con los 5mm de agua se puede llegar a tener producciones anuales de 60 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde y 12 t ha<sup>-1</sup> de MS, y cuando las condiciones son favorables de 2 a 3 t de MS por corte cada 6 a 8 semanas, durante 2 años, pero con fertilización y un buen riego también se puede llegar a doblar la producción anual, lográndose producciones de 20 a 25 t de MS y de 100 a 175 t ha<sup>-1</sup> de forraje verde. Se debe tener muy en cuenta que no toda el agua que cae está disponible para la planta, hay pérdidas por escurrimiento, filtración y evaporación, estas pérdidas varían de acuerdo al tipo de suelo y una de las alternativas para lograr que el agua quede retenida es incorporar compost al suelo para así mejorar la estructura el mismo (Álvarez, 2002).

Las necesidades de los cultivos dependen principalmente de:

- Clima: en días calurosos y despejados los cultivos necesitan más agua que en días nublados y fríos. En un clima frío un determinado cultivo crecerá más lentamente que en un clima cálido.

- Cultivo: depende mucho de los cultivos como por ejemplo el cultivo de pasto requiere de más agua que el cultivo de chocho.

- Fase de Desarrollo: cultivos ya establecidos necesitan más agua que los que están recién plantados.

- Cultivos que crecen en lugares despejados y cálidos necesitarán más agua por día que el mismo cultivo en una localidad cuyo clima es más frío.

Las variaciones en el clima dan como resultado la necesidad de una mejor administración del recurso agua en el uso agrícola. Para tener condiciones óptimas en el crecimiento y producción de un cultivo es necesario conocer la disponibilidad y requerimiento de agua, cada cultivo difiere en el consumo de agua, evaporación, transpiración que se denomina evapotranspiración y esta tiene lugar durante el día y se la expresa en unidades de lámina por tiempo, es decir mm por día, mes o estación, dependiendo de naturaleza y el estado fisiológico de cada cultivo. El proceso por el cual el vapor de agua de las plantas se desprende ya sea por hojas y/o tallo y pasa a la atmósfera se llama transpiración y la transferencia de agua hacia el aire desde el suelo, la superficie de agua o de hojas mojadas de las plantas se llama evaporación. (Yagüe, 2003).

El riego es la aplicación artificial del agua al suelo, también es distribuir uniformemente el agua a las plantas, de tal manera que permita satisfacer sus necesidades, sin excesos que produzcan daños y pérdidas económicas, ni aplicaciones tan reducidas que impidan su crecimiento. Por esto, debe regarse en el momento preciso y en la cantidad necesaria para el desarrollo próspero de las plantas, el cultivo de raigrás necesita  $6\text{m}^3$  diarios \*  $\text{m}^2$  de Ln para obtener un óptimo desarrollo, esto representa  $6\text{ L}$  diarios \*  $\text{m}^2$ ,  $60.000\text{ L ha}^{-1}$  (Cerón, 2022).

La frecuencia de riego debe realizarse según el tipo de suelo; en suelos arenosos cada 8 a 10 días, en terrenos arcillosos o compactos cada 12 a 15 días. Los riegos en suelos arenosos deben ser ligeros y en suelos arcillosos deben ser pesados, es decir, regar más horas hasta que el agua haya ingresado aproximadamente 20cm a 30cm de profundidad. El riego puede realizarse por surcos o riego tecnificado por aspersión, se recomienda el riego por aspersión ya que cuando se riega por surcos se desaprovecha el agua y ocasiona la erosión del suelo; mientras que con el riego tecnificado se optimiza el agua, se evita la erosión y se puede regar mayor superficie.

Al regar se busca proporcionar la humedad necesaria, asegurar buen forraje en las épocas de sequía, disolver las sales contenidas en el suelo y mejorar las condiciones del suelo para lograr un desarrollo adecuado del pasto. La frecuencia de riego, varía según la capacidad de almacenamiento de agua que tenga el suelo (Allen *et al.*, 2016).

### **2.2.13. Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*)**

El pasto que se produce en la zona de Bolívar es el kikuyo. El pasto kikuyo es nativo de la región montañosa del este y del África central (Kenia, Etiopía), donde crece en suelos francos, profundos y rojos de origen volcánico; con precipitaciones de 1000 a 1600mm de lluvia \* año, temperaturas moderadas y heladas ocasionales. El nombre común viene de la tribu “kikuyu” ubicada en Kenia.

El pasto kikuyo se encuentra presente en América, Asia y Oceanía. Se cree que el kikuyo fue introducido al Ecuador a mediados de los años 40 como un pasto promisorio para la producción animal. Su hábito de crecimiento agresivo lo ha convertido en una planta arvense para los cultivos y en un problema para el mantenimiento de las pasturas (Correa *et al.*, 2016).

## 2.2.14. Clasificación Taxonómica

La definición taxonómica del pasto kikuyo se define en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Clasificación taxonómica del pasto kikuyo.*

<b>Reino:</b>	<b>Plantae</b>
<b>División:</b>	Magnoliophyta
<b>Clase:</b>	Liliopsida
<b>Orden:</b>	Poales
<b>Familia:</b>	Poaceae
<b>Subfamilia:</b>	Panicoideae
<b>Género:</b>	Pennisetum
<b>Especie:</b>	Clandestinum
<b>Nombre binomial:</b>	Pennisetum clandestinum Hochst
<b>Nombre común:</b>	Kikuyo

*Nota:* Tomada de SNAVM (2017).

Esta es una especie perenne, que se extiende superficialmente, con raíces profundadas, posee rizomas y estolones y en sus nudos se desarrollan raíces; puede alcanzar alturas hasta de 80cm, las partes florales son muy inconspicuas, florece en las primeras horas de la mañana y en las horas de la tarde desaparece. Las semillas se localizan en las axilas de las hojas donde quedan ocultas, de allí recibe el nombre de "*clandestinum*". Forma un césped denso lo cual lo clasifica dentro de las gramíneas de alta cobertura. Los tallos con inflorescencias pueden alcanzar de 9 a 15cm de altura.

La progenie de la semilla es idéntica a la planta madre por su reproducción apomítica. Las hojas son glabras o con pelos. Vainas esparcidamente vilosas en el envés a glabras, con márgenes membranosos y secos; lígula en forma de anillo de pelos de 1 a 2mm de longitud, láminas foliares planas o conduplicadas (dobladadas a lo largo de su nervio medio), con el

ápice obtuso, de 1,5 a 9cm de longitud, de 2 a 5mm de ancho, glabras o esparcidamente vilosas en la base.

El comportamiento del kikuyo en verano puede verse afectado por las heladas, las mismas que ocasionan daños físicos en las plantas provocando ruptura de células y tejidos debido al aumento de volumen del agua al congelarse, además de quemaduras por viento helado los cuales hacen daños fisiológicos: cambios bioquímicos o metabólicos en el interior de la célula, como consecuencia de la deshidratación del protoplasma, debido a la salida de líquidos. Además, se presentan también síntomas de marchites ocasionados por la disminución en la actividad de las raicillas y los pelos absorbentes en lo relacionado con la absorción de agua (Villegas *et al.*, 2016).

### **2.2.15. Descripción Botánica**

El al pasto kikuyo es una especie tropical, considerada como una gramínea de tipo C4. Las pasturas tropicales y subtropicales llevan a cabo tanto las vías fotosintéticas del ciclo de Hatch y Slack C4 como el de Calvin C3. Las especies que producen moléculas de cuatro carbonos como productos iniciales de la fijación del CO<sub>2</sub>, son llamadas especies C4, mientras que las que fijan inicialmente el CO<sub>2</sub> en 3-PGA (ácido fosfoglicérico) son llamadas especies C3. Ellos denotan que en las plantas C4 se encuentran una o dos capas de células de la vaina, las cuales están muy bien empacadas y poseen una pared gruesa ligeramente impermeable al gas, las cuales normalmente rodean los haces vasculares y a los que separa de las células del mesófilo. Explican que, a este arreglo concéntrico de células de la vaina, se denominó como la “anatomía de Krantz” (Correa *et al.*, 2008).

En cuanto a otras diferencias anatómicas entre las plantas C4 y C3, se encuentra el tamaño y la distribución de los haces vasculares, que en las primeras son más grandes, y más frecuentes que en las segundas, por lo que cubren una mayor superficie de la hoja, disminuyendo la digestibilidad de estas plantas. Una mayor proporción de tejido vascular tanto en hojas y tallos, y menos células del mesófilo, que son más delgadas, en las células de los pastos tropicales en comparación a los pastos de clima templado, les brinda mayor

resistencia a la ruptura tanto mecánica como microbial en el rumen, resultando un mayor tiempo de retención ruminal, restricción en el consumo voluntario y por lo tanto disminución en la producción por el animal en pastoreo (Andrade, 2016).

#### **2.2.16. Desventajas nutricionales del Pasto Kikuyo**

Además de los problemas mencionados en cuanto a los altos niveles de nitratos, la reducida disponibilidad de Ca y el bajo contenido de Na en el kikuyo, produce compuestos fenólicos y flavonoides que producen un efecto de alelopatía, que son producidos principalmente por el material senescente (estolonífero); esto le brinda al cultivo una ventaja ecológica, sin embargo, afecta el crecimiento de tréboles y leguminosas en general. El consumo de kikuyo se reduce por su baja palatabilidad, baja producción animal, así como fiebre de leche e infertilidad. El nivel de Magnesio en este pasto no satisface los requerimientos de las vacas lactantes, por otro lado, el kikuyo posee niveles de potasio superiores a 3%, por lo cual los animales pueden sufrir hipomagnesemia, además, la relación Potasio: (Ca+Mg) en el kikuyo es mayor a 2,2%, que también aumenta el riesgo de hipomagnesemia (Andrade, 2016).

Por otra parte, el análisis químico del kikuyo indica un desbalance severo en la relación energético: proteica, debido a la falta de energía de rápida disponibilidad en forma de carbohidratos no estructurales, al compararlos con los requerimientos nutricionales del ganado especializado en la producción de leche, son de mediana a baja calidad nutricional. El consumo de una pastura de kikuyo puede estar limitada por altos niveles de FDN y digestibilidad baja, dando como resultado una degradación ruminal lenta, los forrajes tropicales son alrededor de 15 unidades menos digestibles que los de clima templado, lo que se debe a que tienen una cantidad mayor de pared celular y a que ésta es más lignificada (Sánchez, 2018).

#### **2.2.17. Pastoreo y Corte de Kikuyo**

El kikuyo recién sembrado no debería ser pastoreado hasta que los tallos sean de unos 2cm de largo y hayan echado raíces. Debe supervisarse el pastoreo en ese momento para garantizar que los tallos no sean arrancados o

removidos. El kikuyo tiene una reputación de baja productividad y calidad. Esto es en gran parte consecuencia de una mala gestión debido principalmente a un pastoreo menor durante el verano - otoño y el uso de fertilizantes inadecuados. El manejo del pastoreo debe aspirar a maximizar y minimizar la hoja del tallo. Como regla general, en el kikuyo crecen cinco hojas y después la madre, por lo que para optimizar la producción, el pastoreo debe ocurrir cuando las plantas están en la etapa de la hoja 4 o 5 y el ganado debe retirarse con un residuo de 5cm. El pasto se deja crecer de nuevo hasta llegar hasta el mismo número de hojas y una altura de 15 a 20cm. Si se supera esta altura, se tendrá que recortar para promover de nuevo el crecimiento. El pastoreo duro también estimula el crecimiento del trébol. El kikuyo establecido debería ser pastoreado en gran medida durante el verano y el otoño para evitar que el material muerto se acumule (Bonilla, 2020).

El kikuyo tiene también características negativas, que lo hacen una opción poco atractiva como césped del hogar para muchos. A pesar de ser ampliamente utilizado por los gobiernos en Australia para zonas deportivas, el césped kikuyo es generalmente clasificado como una maleza nociva, no sólo en Australia, sino también en muchos países de todo el mundo. Esta reputación generalmente se relaciona con que el kikuyo es altamente invasivo en sus alrededores, y puede deslizarse sobre la parte superior y cubrir otras plantas, matándolas, no sólo mediante la eliminación de la luz solar, sino también por la invasión de su zona de la raíz y emitiendo una toxicidad que le ayuda a eliminar a sus rivales (Soto *et al.*, 2016).

#### **2.2.18. Determinación de Materia Seca**

El contenido de materia seca (MS) del forraje es la resultante de la extracción del agua que contienen las plantas al estado fresco o verde. Esta labor se realiza habitualmente en laboratorios especializados, donde se utilizan hornos de ventilación forzada a temperaturas de 60 °C a 105 °C por 24 a 48 horas o por el tiempo requerido para que la muestra obtenga un peso constante. Este proceso es lento, pero asegura que no se altera la composición nutricional del forraje. La expresión de este parámetro se realiza en forma proporcional;



es decir, como porcentaje del forraje fresco total cosechado. La disponibilidad de forraje, expresada en kg ha<sup>-1</sup> de MS, se refiere a la cantidad de fitomasa ofrecida a los animales en pastoreo, correspondiente al material vegetal que existe sobre el nivel del suelo. La disponibilidad de MS de la pradera es muy dinámica y cambia permanentemente en función de la tasa de crecimiento, de la tasa de senescencia y del consumo por parte de los animales, por estas razones, su estimación es válida sólo para el momento en que se determina (Canseco, 2007).

### **2.3. MARCO LEGAL**

El marco legal que rige las actividades de las Universidades y Escuelas Politécnicas en el Ecuador y en el cual se encuentra articulado el plan, que se detalla a continuación, en términos de su jerarquía:

- Constitución de la República del Ecuador (2008).
- Ley Orgánica de Educación Superior (2010, última modificación 18-02-2020).
- Reglamento General de la LOES (CES, 2018).
- Reglamento de Régimen Académico (CES, 2022).
- Modelo de evaluación externa de Universidades y Escuelas Politécnicas (no constituye marco legal, pero define el marco de trabajo de las IES en Ecuador) (CACES, 2019).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ÁREA DE ESTUDIO

La presente investigación se desarrolló en la Finca San Antonio propiedad del Sr. Fabián Guerrero (ver Figura 1).

**Figura 1.**

*Área de estudio*



*Nota.* Tomado de ArcGIS

##### 3.1.1. Ubicación de la Finca

Parroquia: Bolívar

Cantón: Bolívar

Provincia: Carchi

##### 3.1.2. Características de la zona donde se realizó el ensayo

En el cantón Bolívar de la provincia del Carchi, los promedios anuales de datos climáticos de la zona se presentan con temperaturas que van desde de

los 12 a los 22 °C, precipitaciones de 850mm \* año, humedad relativa de 70%, punto de rocío 7 °C. La Propiedad se encuentra a una altitud de los 2.600 m.s.n.m. El piso altitudinal al que pertenece el área de estudio es bosque seco Montano Bajo (bs-MB). Con un suelo franco y un contenido de materia orgánica de 2,5%, la temporada seca se presenta en los meses de julio, agosto, septiembre y octubre, y la temporada de lluvia los meses de noviembre, diciembre, enero, febrero, la propiedad está beneficiada por el Sistema de Riego Montúfar.

### **3.2. ENFOQUE Y TIPO DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.2.1. Enfoque**

El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica; Altura de planta, longitud de hoja, cubrimiento de área, peso de materia verde, peso de materia seca y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

#### **3.2.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación que se llevó a cabo fue experimental mediante su diseño, donde se analizó y midió los diferentes tratamientos, con factores relacionados al uso adecuado de acrilato de potasio y la frecuencia de riego.

### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3.

*Operacionalización de variables.*

Hipótesis	Variable	Definición conceptual de la variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
La aplicación de acrilato de potasio, a diferentes dosis y a diferentes frecuencias de riego aumenta la producción de pasto en la zona	<b>Independiente</b>					
	Dosis del acrilato de potasio.	Evaluación de: Dosis de acrilato de potasio.	<b>Dosis de acrilato de potasio:</b> Por hectárea.	100 kg ha <sup>-1</sup> y 200 kg ha <sup>-1</sup>		
	Frecuencia de riego.	Frecuencias de riego.	<b>Frecuencias de riego:</b> Solo al inicio de la siembra. A los 15 días después de la siembra.	Peso fresco por metro cuadrado.	Medición y observación.	Registro Tablas de datos.
	<b>Dependiente:</b>					
	Producción de pasto.	Producción de pasto, (peso de materia verde y seca).	A los 30 días después de la siembra.	Porcentaje materia seca por metro cuadrado.	Secado en laboratorio por el método de la estufa.	Tablas de comparación.
	Costo Económico	Costo beneficio de cada tratamiento.	<b>La variable respuesta a medir es:</b> Producción de MS y costo de tratamientos.	Costos de cada tratamiento.		

### **3.4. MÉTODOS UTILIZADOS**

#### **3.4.1 Método Hipotético Deductivo**

Se utilizó el método hipotético-deductivo el cual se basa en comprobar una hipótesis que permitirá concluir si la presente investigación es afirmativa o nula.

#### **3.4.2 Técnicas**

Las técnicas de recopilación de datos fueron la observación y medición, estas técnicas permitieron observar y medir para obtener información precisa en los dos cortes realizados de esta manera obtener los datos de altura de planta, longitud de hoja, cubrimiento de área, peso de materia verde y porcentaje de materia seca.

#### **3.4.3 Fuentes de Información**

Para el desarrollo del estudio se tomó en cuenta las siguientes fuentes de información.

- Fuentes primarias: información recopilada por el investigador directamente de observaciones, mediciones, cálculos, etc. En el cultivo de pasto utilizando acrilato de potasio.
- Fuentes secundarias: se trata de toda la información que ha sido producida por una persona o institución ajena al estudio. La información secundaria se obtuvo de bibliografía especializada, artículos académicos e investigaciones en temas relacionados con la utilización de acrilato de potasio en diferentes cultivos.

### **3.5. FACTORES EN ESTUDIO**

#### **3.5.1 Factor A (Dosis de Acrilato de Potasio)**

- (100 kg ha<sup>-1</sup>)
- (200 kg ha<sup>-1</sup>)

### **3.5.2 Factor B (Frecuencia de Riego)**

- N0. (Solo al inicio de la siembra)
- N1. (A los 15 días después de la siembra)
- N2. (A los 30 días después de la siembra)
- $FA \times FB = 2 \times 3 = 6 + 1 = 7$  tratamientos

## **3.6. PROCEDIMIENTO**

### **3.6.1. Altura de Planta**

- Se midió altura de planta a los 45 días después de la siembra (primer corte) y a los 70 días después de la siembra (segundo corte).

### **3.6.2. Longitud de Hoja**

- Se midió longitud de hoja a los 45 días después de la siembra (primer corte) y a los 70 días después de la siembra (segundo corte).

### **3.6.3. Cubrimiento de Área**

- Mediante una aplicación telefónica, que es una herramienta rápida y precisa para calcular la cobertura vegetal, que permite cuantificar el porcentaje de cubierta vegetal verde viva de cualquier cultivo agrícola, césped o pastizal a partir de fotografías o vídeos obtenidos con el móvil.

### **3.6.4. Producción de Pasto**

- Para determinar el peso de materia verde se colocó un marco de  $1\text{m}^2$  en un lugar donde la disponibilidad del pasto sea el promedio de la parcela que queremos medir, cortamos el pasto a una altura de 5cm, del nivel del suelo, se pesó el material tal cual se recogió la muestra.
- Para determinar el porcentaje de materia seca se procedió a tomar 50 gramos de la misma muestra de materia verde, se aplicó el método de laboratorio donde se utilizó un horno deshidratador (estufa) a una temperatura de  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, para que la muestra obtenga un peso constante.

### 3.6.5. Costo Económico

- Se determinó el costo económico de todas las unidades experimentales, estableciendo cuál de los tratamientos es el más económico y rentable para el agricultor y ganadero de la zona.

### 3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó un diseño de bloques completamente al Azar (DBCA). El mismo que se trazó de la siguiente manera: 7 tratamientos y 4 repeticiones y se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con una prueba de medias de Tukey a un nivel de significación del 5% para comparar los tratamientos y comprobar la hipótesis de esta investigación.

#### 3.7.1. Tratamientos Evaluados

En la Tabla 4, se detalla los factores y tratamientos con las diferentes dosis y frecuencias de riego aplicadas.

**Tabla 4.**

*Tratamientos en el ensayo*

<b>Dosis de Acrilato de Potasio</b>	<b>Frecuencias de Riego</b>	<b>Tratamientos</b>
<b>Factor A</b>	<b>Factor B</b>	
100 kg ha <sup>-1</sup>	Solo al Inicio	1
100 kg ha <sup>-1</sup>	A los 15 días	2
100 kg ha <sup>-1</sup>	A los 30 días	3
200 kg ha <sup>-1</sup>	Solo al Inicio	4
200 kg ha <sup>-1</sup>	A los 15 días	5
200 kg ha <sup>-1</sup>	A los 30 días	6
0 kg ha <sup>-1</sup>	A los 15 días	7

Características del ensayo: Consta de 7 tratamientos y cuatro repeticiones, tomando en cuenta el número de tratamientos y repeticiones se dispuso de veinte y ocho (28) unidades experimentales, que se describen en la Tabla 5.

**Tabla 5.***Distribución del ensayo en el campo*

Bloque I	Bloque II	Bloque III	Bloque IV
T1	T4	T6	T2
T3	T3	T7	T5
T6	T5	T5	T7
T4	T6	T4	T1
T5	T7	T3	T4
T2	T1	T2	T6
T7	T2	T1	T3

### 3.7.2. Protocolo de Diseño Experimental

Se realizó todas las prácticas agrícolas que se necesita para la producción de pasto, análisis de suelo, labores culturales arada, rastra y nivelación de suelo, se delimitó las unidades experimentales que midieron (10m x 3m), caminos (1m), obteniendo una superficie total del ensayo de 3.456m<sup>2</sup>, se procedió a colocar y cubrir la semilla junto con el acrilato de potasio en las dosis establecidas para cada parcela, a una profundidad de 2 a 3cm, se aplicó la frecuencia de riego por aspersion para cada una de las unidades experimentales.

Se dispuso 90 días para la conclusión de esta investigación en los cuales se realizó dos cortes, a los 45 días después de la siembra y a los 70 después de la siembra, se midió, altura de planta, longitud de hoja, porcentaje de cubrimiento de área, para determinar el peso de materia verde se ubicó un cuadrante de 1m<sup>2</sup> donde el pasto de cada área experimental tuvo un crecimiento promedio, se cortó 1 kg de pasto verde, con una tijera a una altura de 5cm. Las muestras de cada parcela fueron pesadas y se distribuyeron en fundas plásticas con su respectiva identificación, las cuales fueron colocadas en un refrigerador para evitar su deshidratación. Para determinar el peso de materia seca, se tomó una muestra de 50 g de forraje verde correspondiente a cada área experimental, las muestras se colocaron en bandejas y se secaron en una estufa a 105 °C por 24 horas hasta lograr un peso constante. Se realizó



un segundo corte a los 70 días después de la siembra, lo que equivale a 25 días después del primer corte, y se utilizó el mismo protocolo del primer corte.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

Se procedió a determinar las estadísticas descriptivas de las variables levantadas en campo: altura de planta, longitud de hoja, peso de materia verde, peso de materia seca y porcentaje de cubrimiento de área. distribuidas en 7 tratamientos y de los cuales se cuenta con información en 2 diferentes cortes.

#### 4.1.1. Altura de Planta

Con el análisis de la Tabla 6 y Tabla 7, se puede determinar que en el segundo corte se encuentra el mayor promedio de altura de planta con 76,34cm en el T5, mientras que el mismo tratamiento en el primer corte, se lista la mayor altura de esta sección con 69,59cm, levemente menor que en el segundo corte. El T2 cuenta la segunda mayor altura de planta en ambos cortes, donde el primer corte resulta ser mayor con 65,98cm, que en el segundo corte con 57,48cm. Por el contrario, se puede definir que, en el primer corte, el T1 es el que produce plantas de menor altura 35,69cm, mientras que en el segundo corte, el T7 muestra la menor altura con 42,31cm.

**Tabla 6.**

*Análisis de varianza para altura de planta.*

ANALISIS DE VARIANZA PARA ALTURA DE PLANTA							
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
		Cuadrado Medio	F		Cuadrado Medio	F	
<b>Total</b>	27						
<b>Tratamientos</b>	6	792,38	14,140	**	477,35	11,4	**
<b>Dosis</b>	1	37,65	0,672	ns	387,69	12,91	**
<b>Frecuencias</b>	2	2.210,13	39,438	**	748,8	24,94	**
<b>Dosis*Frecuencias</b>	2	9,42	0,168	**	179,56	5,98	**
<b>Tes vs resto</b>	1	277,56	4,953	*	619,7	14,81	**
<b>Repetición</b>	3	57,19	1,021	ns	82,02	1,96	ns
<b>Error</b>	18	56,04			41,86		
<b>CV</b>		15,8			12,02		
<b>PROMEDIO</b>		47,38			53,83		

**Tabla 7.**

*Prueba de Tukey para altura de planta*

PRUEBA DE TUKEY PARA ALTURA DE PLANTA					
PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
Tratamientos	Medias	RANGO	Tratamientos	Medias	RANGO
T5 DaF2	69,59	A	T5 DaF2	76,33	A
T2 DbF2	65,98	A	T2 DbF2	57,48	B
T6 DaF3	40,58	B	T4 DaF1	51,66	B C
T3 DbF3	40,58	B	T6 DaF3	51,33	B C
T7 Tes	39,67	B	T3 DbF3	50,13	B C
T4 DaF1	39,59	B	T1 DbF1	47,6	B C
T1 DbF1	35,69	B	T7 Tes	42,31	C

**Tabla 8.**

*Prueba de Tukey en frecuencias de riego para altura de planta*

PRUEBA DE TUKEY EN FRECUENCIAS DE RIEGO PARA ALTURA DE PLANTA				
Frecuencias	PRIMER CORTE		SEGUNDO CORTE	
	Medias	RANGO	Medias	RANGO
Cada 15 días	67,78	A	66,91	A
Cada 30 días	40,58	B	50,73	B
Riego inicial	37,64	B	49,63	B

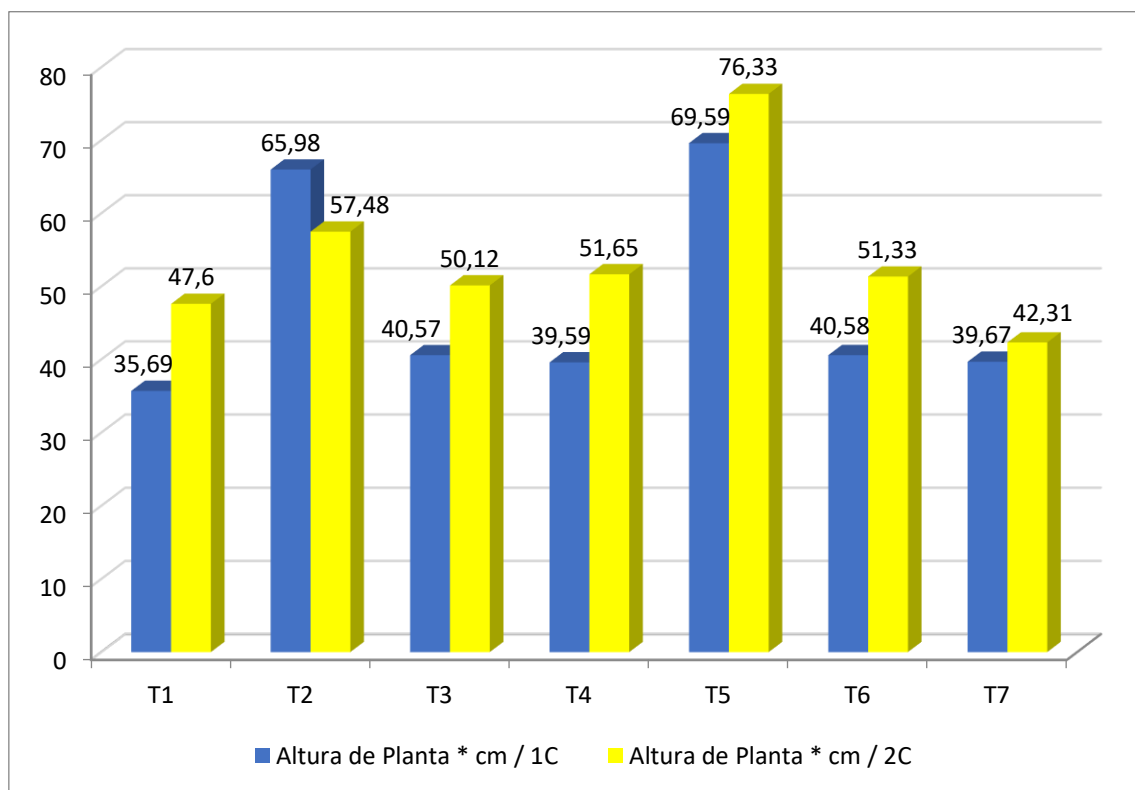
**Tabla 9.**

*Prueba de Tukey en dosis para altura de planta*

PRUEBA DE TUKEY EN DOSIS PARA ALTURA DE PLANTA		
SEGUNDO CORTE		
Dosis	Medias	RANGO
Dosis alta (20 gr/m <sup>2</sup> )	59,77	A
Dosis baja (10 gr/m <sup>2</sup> )	51,73	B

**Figura 2.**

*Altura de planta*



#### **4.1.2. Longitud de Hoja**

De acuerdo con la Tabla 10 y Tabla 11, en el segundo corte, el T5 cuenta con la mayor longitud de hoja promedio registrada de 38,67cm, mientras que en el primer corte, el T2 registra la mayor longitud de hoja con 38,56cm; en este corte el T5 también cuenta con el segundo promedio más alto con 37,75cm. Si bien la distribución del resto de tratamientos con relación a esta variable es similar según sus magnitudes, se puede mencionar que en el corte 1, el T1 ha definido la menor longitud de hoja con 21,76cm, mientras que el menor valor del corte dos, lo registra el T4 con 27,96cm; aunque de manera general los valores del corte 1 resultan levemente menores que los del corte 2.

**Tabla 10.***Análisis de varianza para longitud de hoja*

ANALISIS DE VARIANZA PARA LONGITUD DE HOJA							
Fuentes de Varianza	Grados de libertad	PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
		Cuadrado Medio	F		Cuadrado Medio	F	
<b>Total</b>	27						
<b>Tratamientos</b>	6	187,1	8,505	**	52,73	2,03	ns
<b>Dosis</b>	1	8,43	0,383	ns	3,14	0,14	ns
<b>Frecuencias</b>	2	509,48	23,158	**	111,31	4,97	*
<b>Dosis*Frecuencias</b>	2	10,06	0,457	*	37,67	1,68	ns
<b>Tes vs resto</b>	1	75,07	3,412	*	15,31	0,59	ns
<b>Repetición</b>	3	16,7	0,759	ns	52,27	2,02	ns
<b>Error</b>	18	22			25,93		
<b>CV</b>		16,56			16,28		
<b>Promedio</b>		28,32			31,28		

**Tabla 11.***Prueba de Tukey para longitud de hoja*

PRUEBA DE TUKEY PARA LONGITUD DE HOJA					
Tratamientos	PRIMER CORTE		Tratamientos	SEGUNDO CORTE	
	Medias	RANGOS		Medias	RANGO
<b>T2 DbF2</b>	38,56	A	<b>T5 DaF2</b>	38,67	A
<b>T5 DaF2</b>	37,74	A	<b>T2 DbF2</b>	33,11	A
<b>T6 DaF3</b>	25,63	B	<b>T1 DbF1</b>	30,79	A
<b>T4 DaF1</b>	25,37	B	<b>T3 DbF3</b>	29,77	A
<b>T3 DbF3</b>	24,87	B	<b>T7 Tes</b>	29,47	A
<b>T7 Tes</b>	24,31	B	<b>T6 DaF3</b>	29,2	A
<b>T1 DbF1</b>	21,76	B	<b>T4 DaF1</b>	27,96	A

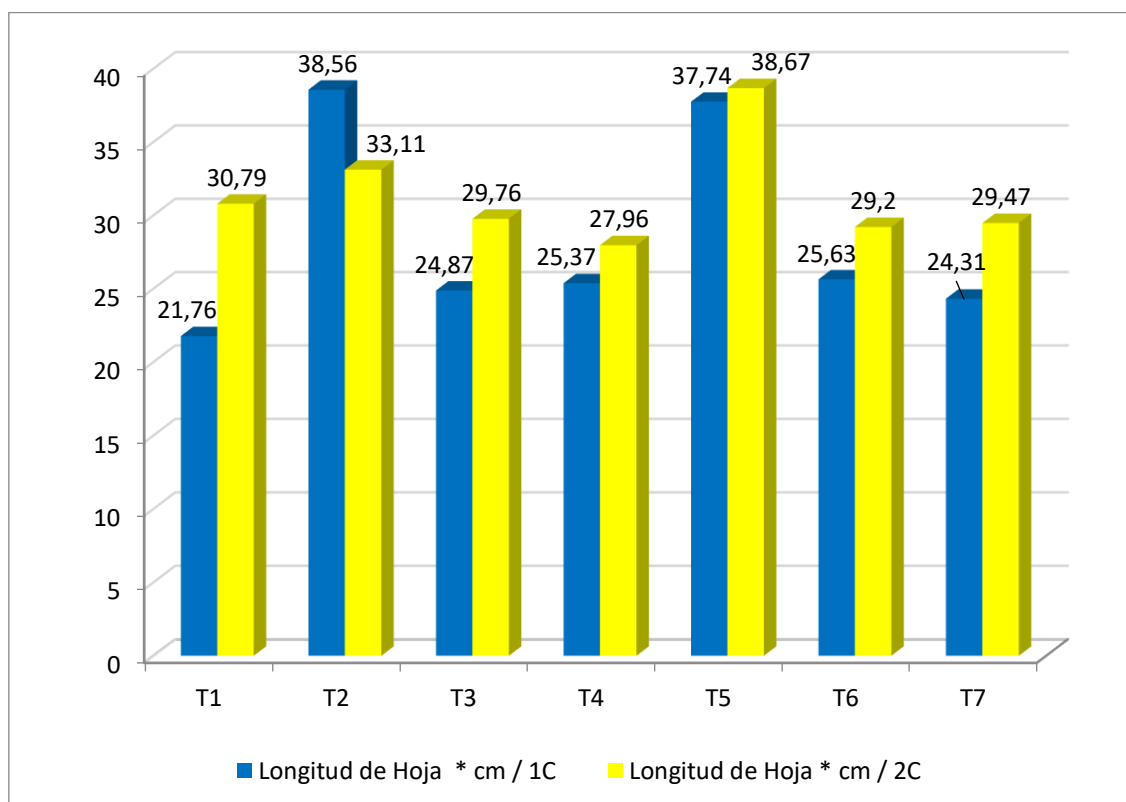
**Tabla 12.**

*Prueba de Tukey de frecuencias de riego para longitud de hoja*

PRUEBA DE TUKEY DE FRECUENCIAS DE RIEGO PARA LONGITUD DE HOJA				
PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE	
Frecuencias	Medias	RANGOS	Medias	RANGOS
Cada 15 días	38,15	A	35,89	A
Cada 30 días	25,25	B	29,48	B
Riego inicial	23,57	B	29,38	B

**Figura 3.**

*Longitud de hoja*



#### 4.1.3. Materia Verde

En función de lo observado en la Tabla 13 y Tabla 14, se puede determinar que el corte 1 del T2, registra la producción más alta con un promedio de 43.000 kg ha<sup>-1</sup> de pasto, le sigue dentro del mismo corte la producción del T5, con 39.025 kg ha<sup>-1</sup>. En el segundo corte se ha determinado

que la producción más alta de materia verde de pasto es de 34.700 kg ha<sup>-1</sup> correspondiente al T5, seguido de la producción del T2 con 28.275 kg ha<sup>-1</sup>. En ambos cortes, el resto de tratamientos cuentan con valores mucho más bajos, pero parejos entre sí. El T7 registra la producción más baja de materia verde en el corte 1, con 15.400 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que el T6 registra la menor producción en el corte 2, con un promedio de 16.000 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 13.**

*Análisis de varianza para materia verde*

ANALISIS DE VARIANZA PARA MATERIA VERDE							
Fuentes de Variación	Grados de Libertad	PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
		Cuadrado Medio	F		Cuadrado Medio	F	
<b>Total</b>	27						
<b>Tratamientos</b>	6	566,55	11,161	**	204,81	9,29	**
<b>Dosis</b>	1	2,94	0,058	ns	4,08	0,16	ns
<b>Frecuencias</b>	2	1512,46	29,796	**	523,03	20,91	**
<b>Dosis*Frecuencias</b>	2	23,03	0,454	**	47,7	1,91	*
<b>Tes vs resto</b>	1	325,37	6,410	*	83,3	3,78	**
<b>Repetición</b>	3	3,96	0,078	ns	56,33	2,55	ns
<b>Error</b>	18	50,76			22,05		
<b>CV</b>		30			21,89		
<b>Promedio</b>		23750			21450		

**Tabla 14.**

*Prueba de Tukey para materia verde*

PRUEBA DE TUKEY PARA MATERIA VERDE					
PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
Tratamientos	Medias	RANGO	Tratamientos	Medias	RANGO
<b>T2 DbF2</b>	43000	A	<b>T5 DaF2</b>	34700	A
<b>T5 DaF2</b>	39020	A	<b>T2 DbF2</b>	28270	A B
<b>T4 DaF1</b>	18230	B	<b>T3 DbF3</b>	18550	B C
<b>T3 DbF3</b>	18050	B	<b>T1 DbF1</b>	18400	B C
<b>T6 DaF3</b>	17130	B	<b>T7 Tes</b>	17230	C
<b>T1 DbF1</b>	15430	B	<b>T4 DaF1</b>	17000	C
<b>T7 Tes</b>	15400	B	<b>T6 DaF3</b>	16000	C

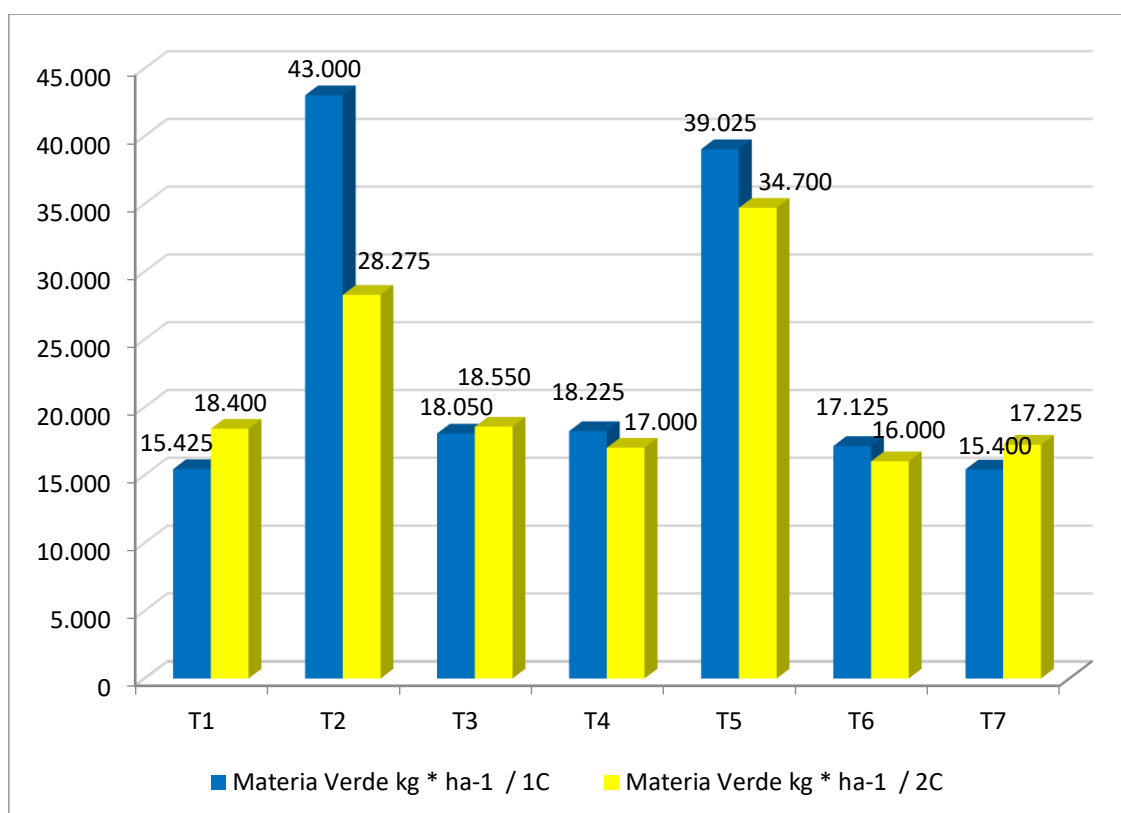
**Tabla 15.**

*Prueba de Tukey entre frecuencias de riego para materia verde*

PRUEBA DE TUKEY ENTRE FRECUENCIAS DE RIEGO PARA MATERIA VERDE					
PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
Frecuencias	Medias	RANGOS	Frecuencias	Medias	RANGOS
Cada 15 días	41010	A	Cada 15 días	31590	A
Cada 30 días	17590	B	Riego inicial	17700	B
Riego inicial	16820	B	Cada 30 días	17270	B

**Figura 4.**

*Materia verde*





#### 4.1.4. Materia Seca

Según los valores de la Tabla 16 y Tabla 17, se puede observar en el primer corte una alta producción de MS con 5.587,75 de kg ha<sup>-1</sup> en el T2, seguido de la producción del T5 con 4.986,75 kg ha<sup>-1</sup>. En el segundo corte realizado se determinó que la mayor producción de MS es de 4.399,50 kg ha<sup>-1</sup> correspondiente al T5, seguido del T2 con una producción de 3.694 kg ha<sup>-1</sup>. En contraste, en el primer corte del T7 con 2.184,75 kg ha<sup>-1</sup>, tiene la menor producción de MS, mientras que el T6 cuenta con la producción más baja en el corte 2, con 2.170 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 16.**

#### *Análisis de varianza para materia seca*

ANALISIS DE VARIANZA PARA MATERIA SECA							
Fuente de Variación	Grados libertad	PRIMER CORTE			PRIMER CORTE		
		Cuadrado Medio	F		Cuadrado Medio	F	
<b>Total</b>	27,00						
<b>Tratamientos</b>	6,00	7841364,82	6,93	**	2612537,92	8,47	**
<b>Dosis</b>	1,00	398095,04	0,43	ns	75264	0,21	ns
<b>Frecuencias</b>	2,00	20027941,79	21,61	**	5902953,04	16,74	**
<b>Dosis*Frecuencias</b>	2,00	503940,79	0,54	*	1095771,38	3,11	*
<b>Testigo vs resto</b>	1,00	5586328,72	4,94	*	1602514,67	5,2	*
<b>Repetición</b>	3,00	157935,33	0,14	ns	856530,33	2,78	ns
<b>Error</b>	18,00	1130744,69			308289,36		
<b>Total</b>	27,00						
<b>CV</b>			32,43			18,77	
<b>Promedio</b>			3278,86			2957,5	

**Tabla 17.**

#### *Prueba de Tukey para materia seca*

PRUEBA DE TUKEY PARA MATERIA SECA					
CORTE 1			CORTE 2		
Tratamientos	Medias	RANGO	Tratamientos	Medias	RANGO
<b>T2 DbF2</b>	5587,75	A	<b>T5 DaF2</b>	4399,5	A
<b>T5 DaF2</b>	4986,75	A B	<b>T2 DbF2</b>	3694	A B
<b>T3 DbF3</b>	2845	B C	<b>T3 DbF3</b>	2906,75	B C
<b>T4 DaF1</b>	2655,75	B C	<b>T1 DbF1</b>	2732,75	B C
<b>T6 DaF3</b>	2354,75	C	<b>T4 DaF1</b>	2428	B C
<b>T1 DbF1</b>	2337,25	C	<b>T7 Tes</b>	2371,5	C
<b>T7 Tes</b>	2184,75	C	<b>T6 DaF3</b>	2170	C

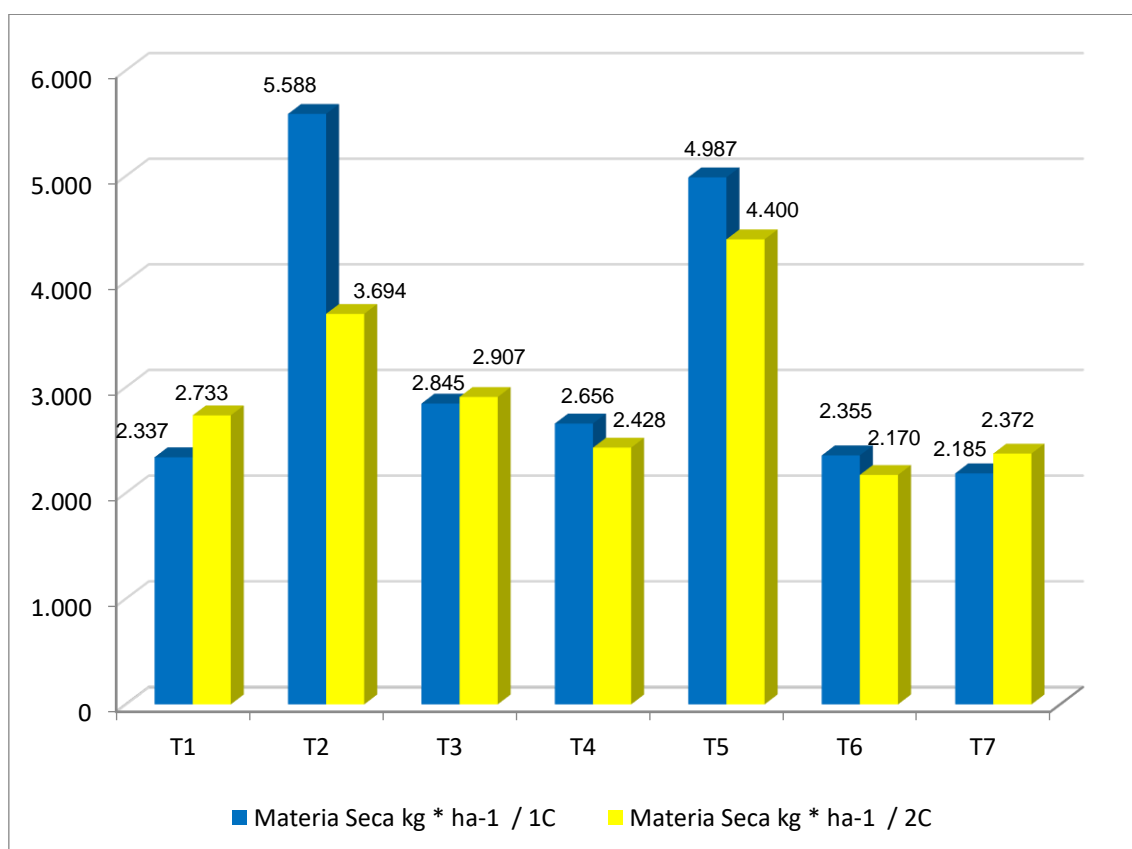
**Tabla 18.**

*Prueba de Tukey entre frecuencias de riego para materia seca*

PRUEBA DE TUKEY ENTRE FRECUENCIAS DE RIEGO PARA MATERIA SECA					
CORTE 1			CORTE 2		
Frecuencias	Medias	RANGO	Frecuencias	Medias	RANGO
Cada 15 días	5287,25	A	Cada 15 días	4046,75	A
Cada 30 días	2599,88	B	Riego inicial	2580,38	B
Riego inicial	2496,5	B	Cada 30 días	2538,38	B

**Figura 5.**

**Materia seca**



#### 4.1.5. Cubrimiento de Área

De acuerdo con la Tabla 19, se determina que, en el primer corte, en el T2 muestra el mayor porcentaje de cubrimiento de área con el 95%, mientras que en el segundo corte, el T5 registra el mayor porcentaje de esta sección con 95,25%. En el T5 del corte 1, y en el T2 del segundo corte, se encuentran valores cercanos a los antes mencionados. Entre tanto, la distribución de los

tratamientos restantes con respecto a la variable en estudio se aproxima a la mitad de los valores mencionados previamente, donde en el corte 1 y corte 2, el valor más bajo de cubrimiento es del T7 con 36% y 24,75% respectivamente.

**Tabla 19.**

*Análisis de varianza para cubrimiento de área*

ANALISIS DE VARIANZA PARA CUBRIMIENTO DE AREA							
Fuentes de Variación	Grados de libertad	PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
		Cuadrado medio	F		Cuadrado medio	F	
Total	27						
Tratamientos	6	12,72	2,36	ns	19,33	4,32	**
Dosis	1	0,02	0,00	ns	0,72	0,16	ns
Frecuencias	2	30,77	5,71	**	32,01	7,16	**
Dosis*Frecuencias	2	0,19	0,04	ns	7,48	1,67	*
Testigo vs resto	1	14,38	2,67	ns	36,28	8,12	*
Repetición	3	3,11	0,58	ns	6,16	1,38	ns
Error	18	5,39			4,47		
CV		28,36			26,78		
Promedio		58,11			55,18		

**Tabla 20.**

*Prueba de Tukey para cubrimiento de área*

PRUEBA DE TUKEY PARA CUBRIMIENTO DE AREA					
PRIMER CORTE			SEGUNDO CORTE		
Tratamientos	Medias	Rango	Tratamientos	Medias	Rango
T2 DbF2	95	A	T5 DaF2	95,25	A
T5 DaF2	93,25	A	T2 DbF2	90,5	A
T3 DbF3	51,25	A	T3 DbF3	55	A B
T6 DaF3	47,5	A	T4 DaF1	54,5	A B
T4 DaF1	43,75	A	T6 DaF3	40	A B
T1 DbF1	40	A	T1 DbF1	26,25	B
T7 Tes	36	A	T7 Tes	24,75	B

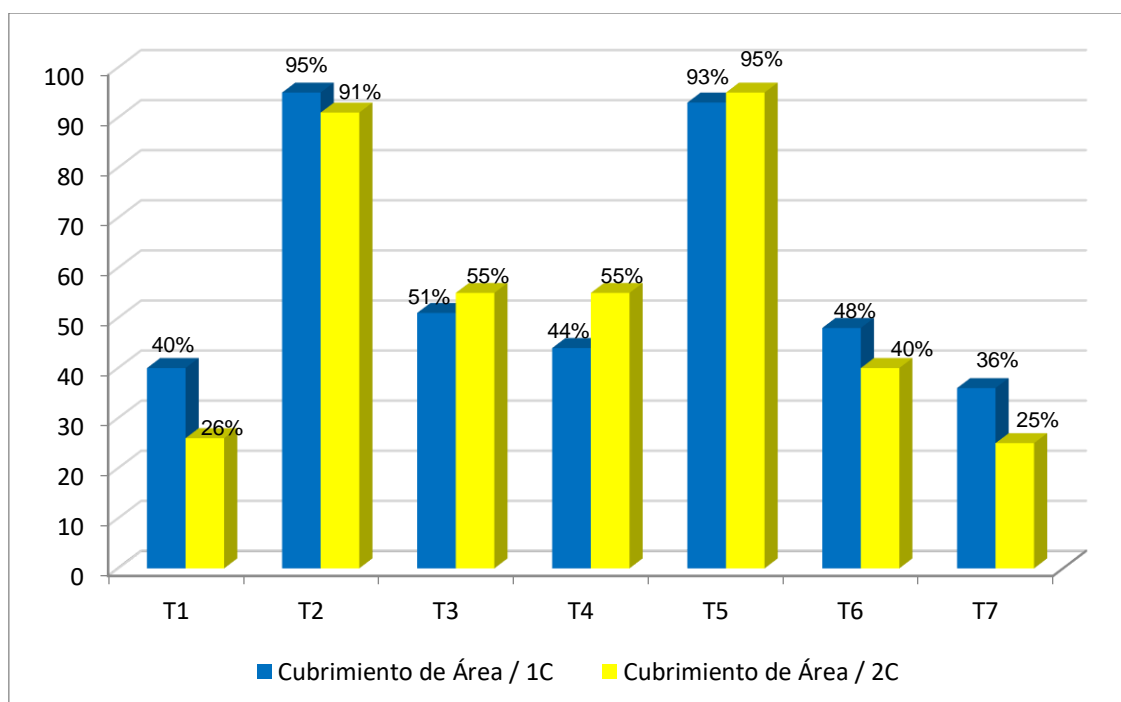
**Tabla 21.**

*Prueba de Tukey para cubrimiento de área en frecuencias de riego*

PRUEBA DE TUKEY PARA CUBRIMIENTO DE AREA EN FRECUENCIAS DE RIEGO				
Frecuencias	PRIMER CORTE		SEGUNDO CORTE	
	Medias	Rango	Medias	Rango
Cada 15 días	94,13	A	92,88	A
Cada 30 días	49,38	B	47,5	B
Riego inicial	41,88		40,38	

**Figura 6.**

**Cubrimiento de área**



#### 4.1.6. Tratamiento Inicial de Datos

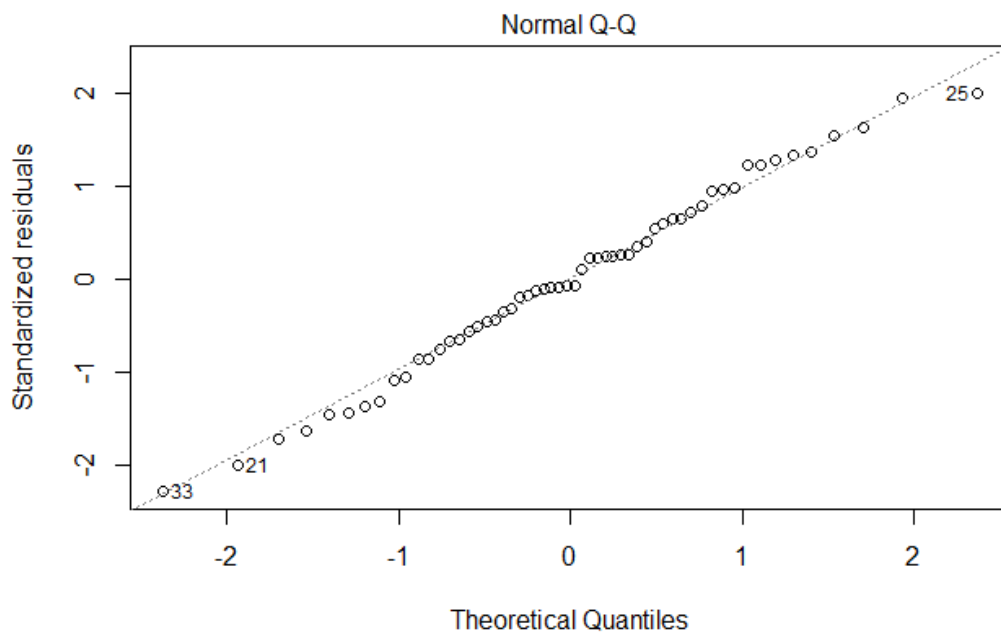
Para comenzar con el análisis de datos, se establece un 5% de significancia para la verificación de las pruebas de hipótesis en los análisis del estudio, lo que implica también, un 95% de confianza para el presente estudio.

Se aplicó la prueba de Normalidad de Shapiro-Wilks a todos los datos de la materia seca de producción de pasto, donde se obtuvo un p – value de 0,07, con lo que la evidencia recolectada en el presente estudio indica que los datos

se distribuyen normalmente, lo que corrobora al observar la distribución de los puntos alrededor de la línea de tendencia normal en el gráfico cuantil – cuantil (QQ plot) que se observa en la Figura 7.

**Figura 7.**

*Gráfico Cuantil – Cuantil (QQ plot)*



Los resultados previos indican una distribución adecuada para la aplicación de pruebas y técnicas paramétricas en los datos de MS, pero que deben ser comprobados posteriormente en los supuestos del ANOVA.

#### **4.1.7. Análisis General de Varianza**

Para determinar los efectos que producen los factores en estudio sobre la producción de pasto según el diseño experimental planteado se realiza un análisis de varianza (ANOVA), cuyo modelo estadístico se define en la ecuación a continuación:

$$\hat{y}_{ij} = \alpha_i + \beta_j + \varepsilon_{ij}$$

Dónde:

$\hat{y}_{ij}$ : Producción de pasto estimada por el ANOVA

$\alpha_i$ : Efecto del factor principal (Dosis de Acrilato de Potasio)

$\beta_j$ : Efecto del factor de bloque (Frecuencia de Riego)

$\varepsilon_{ij}$ : Residuos del modelo del ANOVA

De acuerdo a los resultados que se observan en la Tabla 22, se calculó un p – value de 0,01, por lo que existe suficiente evidencia para determinar que las diferentes dosis de acrilato del experimento si produjeron diferencias significativas en la producción de pasto. Sobre el factor que analiza la frecuencia del riego se concluyó, también un efecto significativamente activo sobre la variable respuesta, puesto que el ANOVA determinó un p-value de  $1,69 \cdot 10^{-9}$ .

**Tabla 22.**

***Esquema ANOVA general***

<b>Fuente de Variación</b>	<b>Grados de Libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>P - value</b>
Dosis Acrilato	2	6.996.216	3.498.108	4,637	0,014
Frecuencia Riego	2	47.641.598	23.820.799	31,573	$1,20 \cdot 10^{-9}$
Residuos	51	38.477.399	754.459		

#### **4.1.8. Supuestos del Análisis General de Varianzas**

El análisis de varianza es una técnica de estadística paramétrica de comparación de muestras por lo que sus conclusiones vienen condicionadas en base al cumplimiento de los supuestos de los residuos del modelo estadístico, por esta razón se deben aplicar pruebas de hipótesis para comprobar normalidad, homocedasticidad e independencia de los errores experimentales.

##### **Normalidad**

Se aplicó nuevamente la prueba de normalidad de Shapiro – Wilks, pero esta ocasión enfocada en los residuos del ANOVA. La prueba calculó un p – value de 0,833, mayor a cualquier nivel de significancia comúnmente utilizado, por lo que, se puede afirmar que los residuos cumplen el supuesto de normalidad.

## **Homocedasticidad**

La homocedasticidad es el supuesto del ANOVA que permite determinar si la varianza de los residuos se encuentra distribuidos homogéneamente, también se lo conoce como varianza constante. La prueba de hipótesis utilizada para determinar este supuesto fue el Test de Puntajes de Varianzas No Constantes (que se basa en test de varianzas Chi – Cuadrado) definiendo un p – value de 0,273 por lo que existe evidencia suficiente para determinar homocedasticidad o varianza constante de los datos.

## **Independencia**

La independencia de los residuos resulta ser el supuesto más importante, puesto que se encarga de determinar la validez o posibles problemas en el proceso experimental asignación de muestras de manera estocástica a los grupos investigados, y en general determina errores del experimentador (que se pudieron evitar). El objetivo de la independencia de los residuos es determinar que los resultados puedan ser inferidos hacia la población en estudio, puesto que determina la validez del modelo estadístico del ANOVA. Para probar este supuesto se utiliza la Prueba de Independencia de Durbin – Watson, obteniéndose un p – value de  $2,2 \cdot 10^{-16}$  (prácticamente 0), con lo que se puede determinar que existe evidencia suficiente para determinar que los residuos cumplen el supuesto independencia o aleatoriedad.

Debido a que se cumplen todos los supuestos del modelo, se puede decir que los resultados obtenidos por el ANOVA son válidos y se puede proceder con el análisis particular de los niveles definidos para cada factor en estudio.

### **4.1.9. Análisis Post-Hoc**

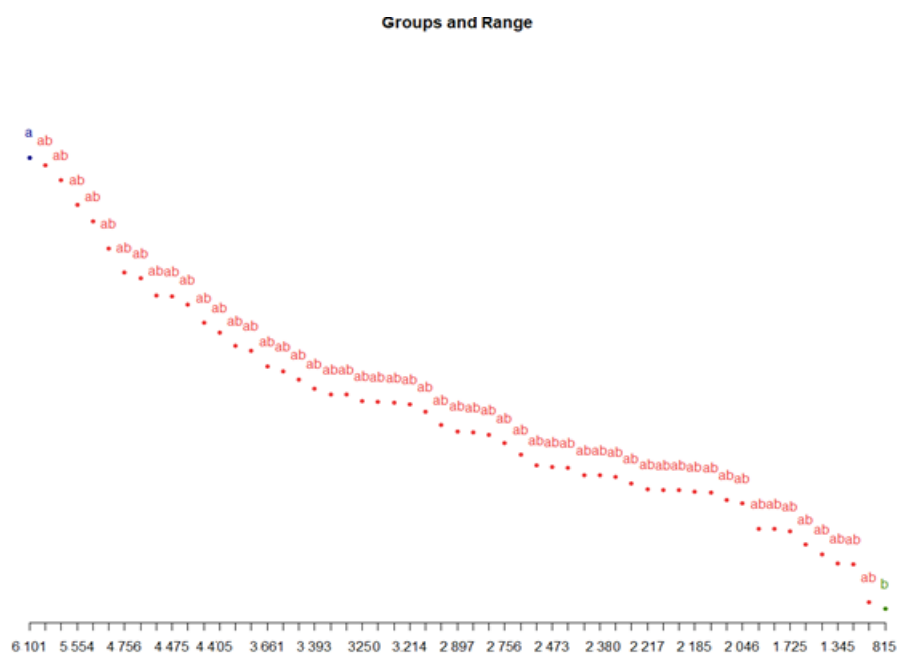
El análisis post – hoc tiene como objetivo establecer las diferencias que existen dentro de los niveles de los factores analizados. Para conseguir este fin se aplicó una prueba de Tukey (prueba de diferencias honestamente significativas) a los resultados del ANOVA previamente realizado.

La prueba de Tukey ha definido tres grupos que tienen diferencias estadísticamente significativas, donde, el grupo “a” demuestra tener la mayor producción de pasto (MS), siendo el único elemento de este grupo con un promedio de 6.101 kg ha<sup>-1</sup>, que corresponde al T2. Por el contrario, el grupo “b” cuenta con la menor producción de pasto con 815 kg \* ha<sup>-1</sup>, siendo igualmente el único elemento de este grupo, y cuyos resultados corresponden al T6. Los valores de producción de los tratamientos restantes forman un grupo estadísticamente semejante (grupo “ab”), sin embargo, sus valores rondan entre un mínimo de 886 kg ha<sup>-1</sup> y un máximo de 6.018 kg ha<sup>-1</sup>. Los resultados se resumen en la Figura 8.

En adición, la prueba de Tukey proporciona varios indicadores sobre la tendencia y dispersión del modelo, donde se determinó que la producción de pasto tiene un promedio general de 3.118,18 kg ha<sup>-1</sup>, donde los residuos han definido un cuadrado medio del error (MSE) de 754.458,8, y se define un coeficiente de variación de 27,86%, lo que indica que los datos tienen una desviación estándar considerable entre grupos.

**Figura 8.**

*Resultados de la prueba de Tukey (HSD)*



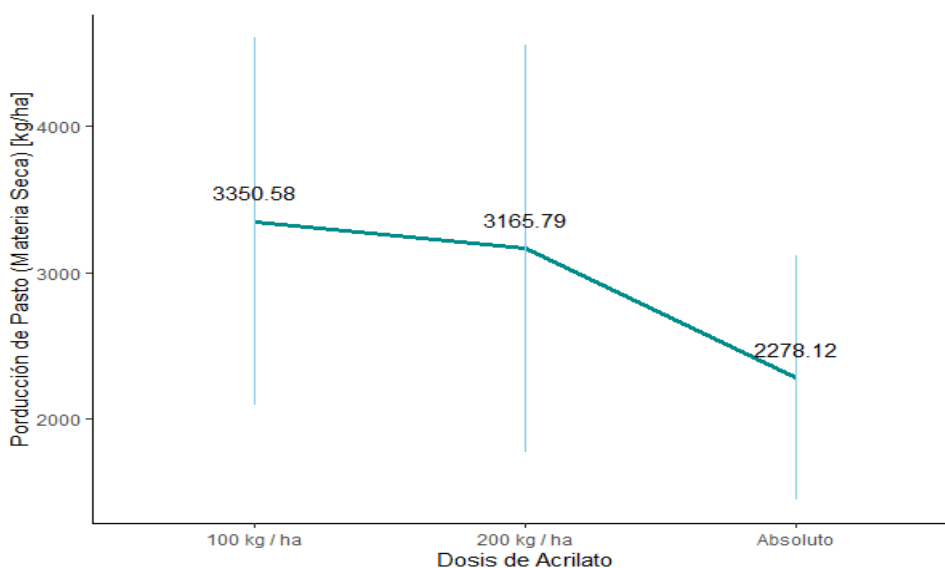
En la Figura 9, se puede observar la gráfica de efectos de las dosis de acrilato sobre la producción de MS. Se determinó que los valores de



producción se ven maximizados con una dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de acrilato, con un promedio de 3.350,58 kg ha<sup>-1</sup>, de MS; le sigue la dosis de acrilato de 200 kg ha<sup>-1</sup>, que generó una producción de 3.165,79 kg ha<sup>-1</sup>, de MS. Por último, y con diferencia, la dosis que generó menor producción de MS, fue el testigo absoluto, con un promedio de 2.278,12 kg ha<sup>-1</sup>.

### Figura 9.

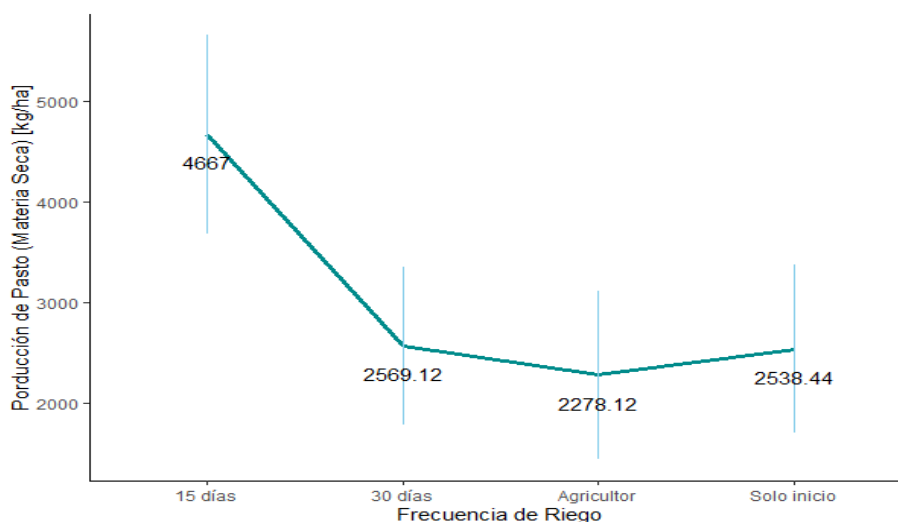
*Gráfica de efectos del factor dosis de acrilato.*



Con respecto a la Figura 10, que contiene la gráfica de efectos del factor que analiza la frecuencia de riego del experimento, se concluyó que una frecuencia de 15 días es la que maximiza la producción de MS, con un promedio de 4.667 kg ha<sup>-1</sup>. Con una frecuencia de 30 días se determinó un promedio de 2.569,12 kg ha<sup>-1</sup>, seguido de cerca con la producción cuando se riega el pasto solo al inicio, con 2.538,44 kg ha<sup>-1</sup>, de MS producido en promedio. Finalmente, se determinó que la frecuencia de riego del agricultor minimiza la producción de pasto, definiéndose un promedio de 2.278,12 kg ha<sup>-1</sup>, de MS producida.

**Figura 10.**

*Gráfica de efectos del factor frecuencia de riego.*



#### **4.1.10. Análisis de Varianzas Complementario de Tratamientos frente a la Fecha de Corte**

Posterior a la realización del análisis principal de varianzas, para comparar la muestra en general, se procedió a verificar si la fecha de corte de la producción de pasto tiene un efecto activo. Acotando, se tomaron muestras en dos fechas diferentes para el desarrollo del presente experimento; la primera fecha de corte se tomó la muestra a los 45 días y el segundo corte de la muestra fue tomado a los 70 días. El modelo estadístico de este ejercicio se define en la ecuación a continuación:

$$\hat{y}_i = \gamma_i + \varepsilon_i$$

Dónde:

$\hat{y}_i$ : Producción de pasto estimada por el ANOVA complementario

$\gamma_i$ : Efecto del factor principal (Fecha de Corte)

$\varepsilon_i$ : Residuos del modelo del ANOVA

De acuerdo a los resultados que se observan en la Tabla 23, se calculó un p – value de 0,360, por lo que existe suficiente evidencia para establecer que las fechas de corte en las que se tome la muestra no generan diferencias estadísticamente significativas en la producción de pasto.

**Tabla 23.***Esquema ANOVA complementario*

<b>Fuente de Variación</b>	<b>de</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>de Cuadrados Medios</b>	<b>Valor F</b>	<b>P - value</b>
Fecha de Corte	de	1	1.445.786	1.445.786	0,851	0,360
Residuos		54	91.669.426	1.697.582		

**4.1.11. Supuestos del Análisis de Varianzas Complementario.**

Como se realizó en el análisis de varianzas general, es necesario determinar si se cumplen los supuestos de los residuos del modelo estadístico del ANOVA complementario, por lo que se aplican las pruebas de hipótesis para comprobar normalidad, homocedasticidad e independencia a los residuos del modelo complementario.

**Normalidad**

La prueba de normalidad de Shapiro – Wilks ha calculado un p – value de 0,236, mayor que cualquier nivel de significancia comúnmente utilizado, por lo que se concluyen que los residuos se distribuyen con una ley de probabilidad normal.

**Homocedasticidad**

De acuerdo con el Test de Puntajes de Varianzas No Constantes se ha definido un p – value de 0,011 con lo cual, se determina que con un 5% de significancia no existe homocedasticidad o varianza constante en los residuos, sin embargo, no es un valor significativo con un 10% de significancia, por lo cual la varianza no resulta ser considerablemente dispersa.

**Independencia**

Con respecto a la prueba de Durbin – Watson se obtuvo un p – value de 0,004, con lo que se determina que existe evidencia suficiente para determinar que los residuos cumplen el supuesto independencia o aleatoriedad.

Debido a que se cumplen los supuestos del modelo de Normalidad e Independencia, y que el supuesto de Homocedasticidad apenas se rechaza, se puede decir que los resultados obtenidos por el ANOVA resultan válidos y se puede proceder con el análisis post – hoc de los niveles de las fechas de corte.

#### 4.1.12. Análisis Post-Hoc del ANOVA Complementario

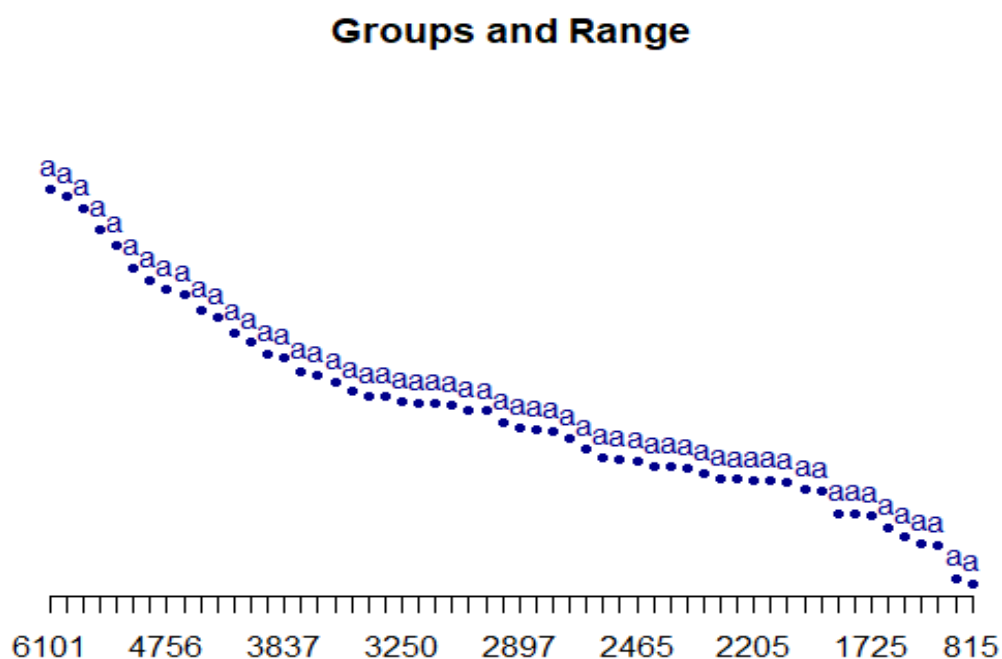
Para este caso en particular, se realizó una prueba de Tukey (HSD) a los resultados del ANOVA complementario anteriormente mencionado.

La prueba de Tukey corrobora los resultados del ANOVA que se listan en la Tabla 6. Establece solo un grupo “a” para todas las unidades experimentales de las producciones de pasto de las muestras tomadas a 45 días y a 70 días (ver Figura 11).

Como información complementaria, la prueba de Tukey indica que la producción de pasto tiene un promedio general de 3.118,18 kg ha<sup>-1</sup>, sin embargo, los residuos han definido un cuadrado medio del error (MSE) de 1.697.582, y un coeficiente de variación de 41,78 %, señalando una gran dispersión entre los datos de los cortes.

**Figura 11.**

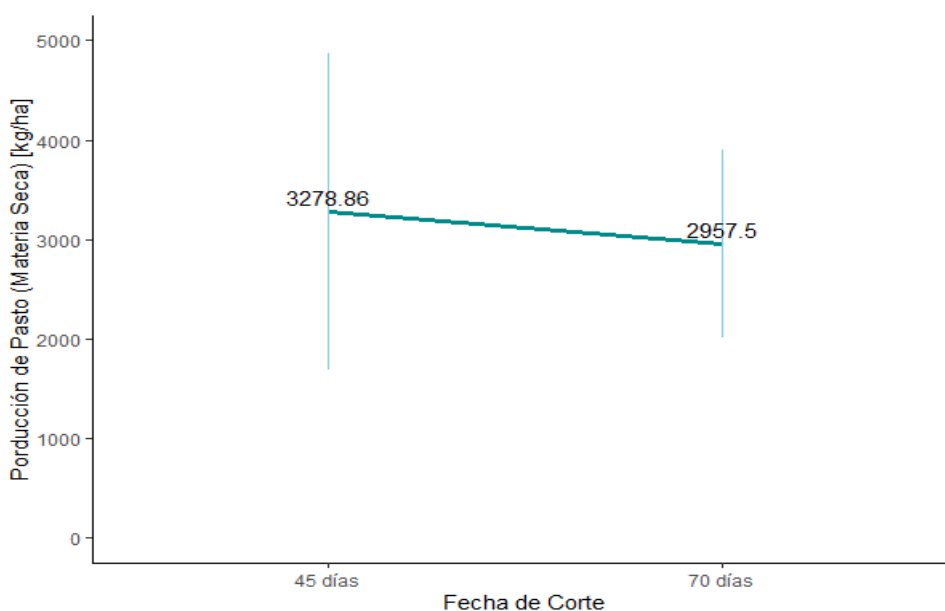
*Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA complementario*



En cuanto a la gráfica de efectos fijos, que se observa en la Figura 12 claramente que la diferencia entre la producción de MS es ligeramente mayor cuando se cosecha a los 45 días, con un promedio de 3.278,86 kg ha<sup>-1</sup>. Mientras que los valores de producción a los 70 días son ligeramente menores, observándose un promedio de 2.957,50 kg ha<sup>-1</sup>, de producción de MS.

**Figura 12.**

***Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA complementario***



**4.1.13. Comparaciones Estadísticas Adicionales**

A continuación, se procede a analizar los datos morfológicos y de producción en las dos fechas de corte y desagregada por tratamientos, con el fin determinar el rendimiento al momento de su cosecha.

**4.1.13.1. ANOVA Altura de Planta Según Tratamientos y Fecha de Corte**

De acuerdo con los resultados de la Tabla 24, se observa valores p menores a 0,05, por lo que se infiere que los tratamientos si producen cambios significativos en la altura de las plantas, al igual que las fechas de corte del pasto.

**Tabla 24.**

*Esquema ANOVA altura de planta*

Fuente de Variación	de	Grados de libertad	de	Suma de Cuadrados	de	Cuadrados Medios	Valor F	P - value
Tratamientos		6		6.963,3		1160,6	19,65	2,82*10 <sup>-11</sup>
Fecha de Corte	de	1		582,7		582,7	9,86	0,002
Residuos		48		2.834,9		59,06		

Los supuestos del modelo resumen los siguientes indicadores:

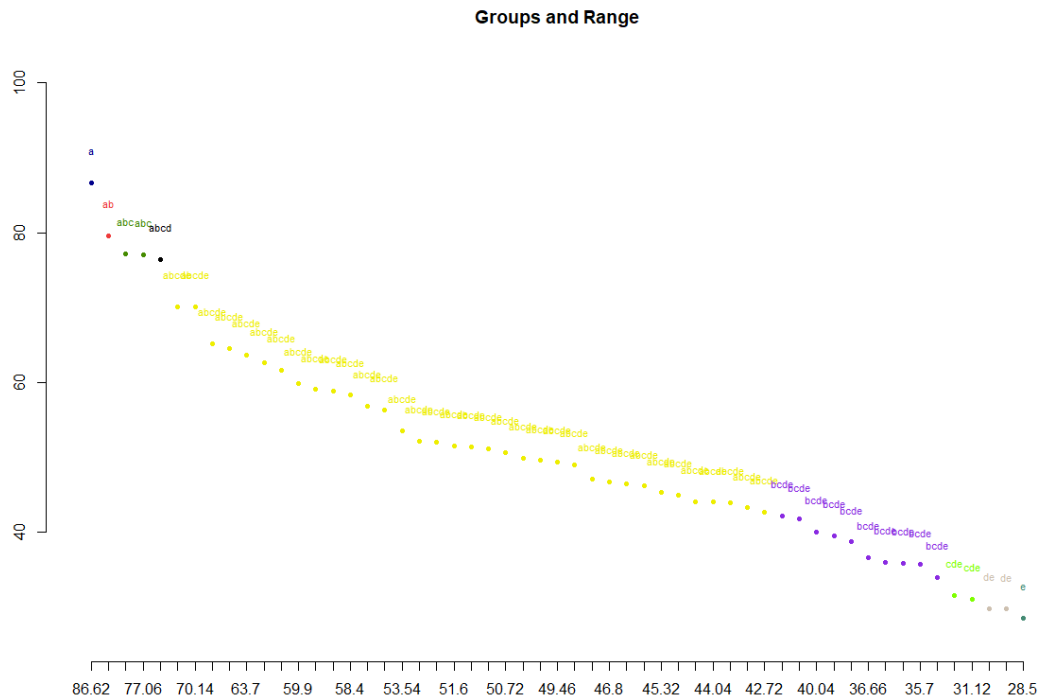
- La prueba de Normalidad de Shapiro Wilks define un valor  $p = 0,196$  por lo que se concluye que los datos siguen una distribución Normal.
- La prueba de Puntajes de Varianzas no Constantes cuenta con un valor  $p = 0,209$  por lo que se cumple el supuesto de homocedasticidad.
- La prueba de Durbin Watson muestra un valor  $p = 0,509$  por lo que el supuesto de independencia de los datos no se cumple para estos datos.

Según la Figura 13, el análisis post hoc realizado a través de una prueba de Tukey ha definido 9 grupos de altura de hoja que definen diferencias estadísticas entre sí:

- El grupo **a** se compone por el tratamiento de valor 86,62cm.
- El grupo **ab** tiene el tratamiento de valor 79,62cm.
- El grupo **abc** se compone por valores desde 77,06cm a 77,20cm.
- El grupo **abcd** se compone por el tratamiento de valor 76,44cm.
- El grupo más numeroso denominado **abcde** se compone por valores entre 42,72cm y 70,18cm.
- El grupo **bcde** se compone por las alturas de 33,98cm a 42,24cm.
- El grupo **cde** está conformado por valores entre 31,12cm y 31,64cm.
- El grupo **de** se compone por valores de alturas entre 29,76cm y 29,82cm.
- El grupo **e** únicamente se compone por el tratamiento de valor 28,50cm.

**Figura 13.**

*Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de altura de planta*



#### 4.1.13.2. ANOVA Longitud de Hoja según Tratamientos y Fecha de Corte

Con respecto a los resultados de la Tabla 25, debido a que el valor de  $p$  es menor que 0,05 se puede determinar que los tratamientos definidos si producen diferencias significativas entre los tratamientos en estudios y también según las fechas de corte del forraje.

**Tabla 25.**

*Esquema ANOVA longitud de hoja*

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Valor F	P - value
Tratamientos	6	1.197,4	199,6	7,30	$1,39 \cdot 10^{-5}$
Fecha de Corte	1	122,7	122,7	4,49	0,039
Residuos	48	1.311,2	27,31		

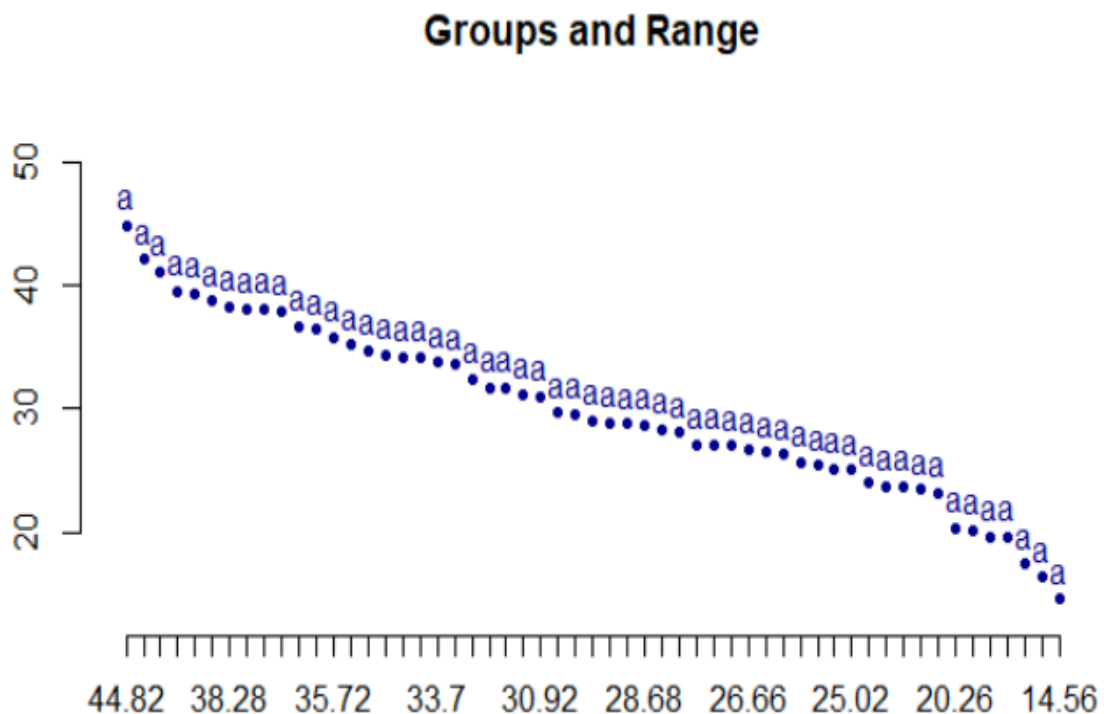
Sobre los supuestos se puede observar lo siguiente:

- La prueba de Normalidad de Shapiro Wilks ha dejado un valor  $p = 0,272$ , por lo que se concluye normalidad en los residuos.
- El test de Puntajes de Varianzas no Constantes dejó un valor  $p = 0,873$ , por lo que los datos si cuentan con el supuesto de Homocedasticidad.
- El valor  $p$  de la prueba de Durbin Watson es de  $0,885$ , por lo que se puede decir que el supuesto de Independencia no se cumple en este caso.

A pesar de que los resultados de la Tabla 14 del ANOVA que analiza los valores de Longitud de hoja denotaban diferencias significativas, la prueba post hoc de Tukey no concluye de manera similar, lo que se observa en la Figura 14, donde se observa que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, ni con relación a la fecha de corte.

**Figura 14.**

*Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de longitud de hoja*





#### 4.1.13.3. ANOVA Peso de Materia Verde Según Tratamientos y Fecha de Corte

De acuerdo con los resultados de la Tabla 26, se observa un valor p menor a 0,05 para el factor de Tratamientos, por lo que se infiere que estos si producen cambios significativos en la el Peso de Materia Verde, sin embargo, no se producen cambios significativos con relación a la fecha de corte.

**Tabla 26.**

*Esquema ANOVA materia verde*

Fuente de Variación	de	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Valor F	P - value
Tratamientos		6	4.200.737.500	700.122.917	17,51	1,30*10 <sup>-10</sup>
Fecha de Corte	de	1	74.060.000	74.060.000	1,85	0,175
Residuos		48	1.918.762.500	39.974.219		

Con relación a los supuestos se puede observar que:

- La prueba de Normalidad de Shapiro Wilks nota un valor p = 0,578, lo que indica una distribución normal de los residuos.
- La prueba de Puntajes de Varianzas no Constantes ha definido un valor p = 0,458, con lo cual se puede decir que existe Homocedasticidad.
- La prueba de Durbin Watson dio como resultado un valor p = 0,646, lo que indica que no existe independencia en los residuos.

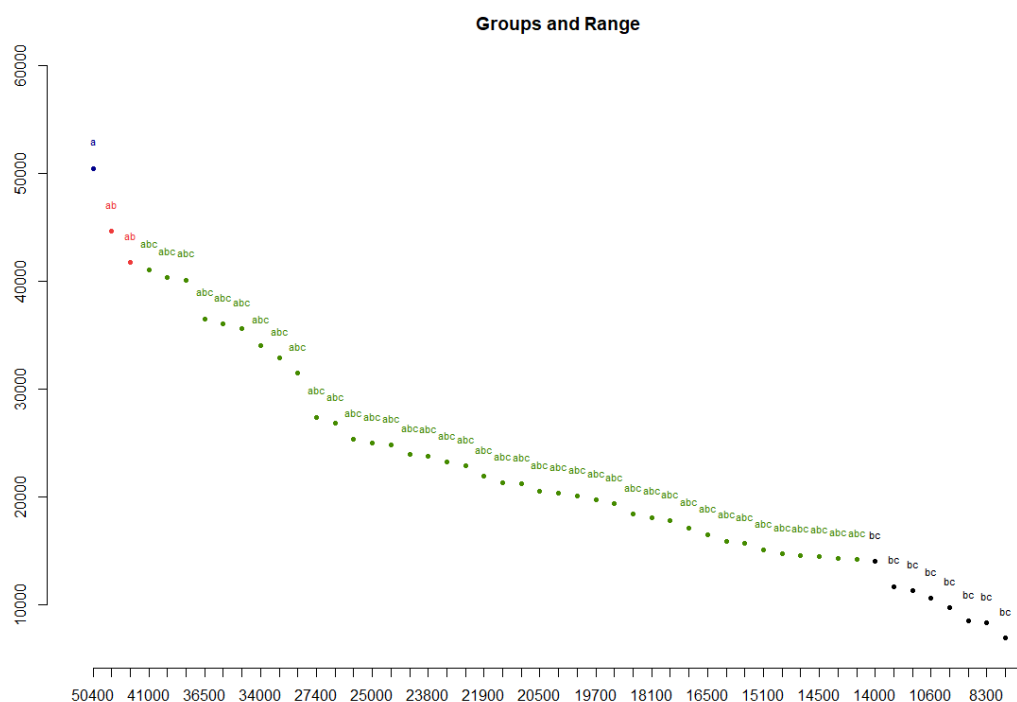
Según la Figura 15, el análisis post hoc realizado a través de una prueba de Tukey ha definido 5 grupos de pesos de materia verde que definen diferencias estadísticas entre sí:

- El grupo **a** se compone por el tratamiento de valor 50.400 kg ha<sup>-1</sup>.
- El grupo **ab** se compone por valores desde 41.700 a 44.600 kg ha<sup>-1</sup>.
- El grupo más numeroso denominado **abc** se compone por valores entre 14.200 a 41.000 kg ha<sup>-1</sup>.

- El grupo **bc** se compone por los valores de 6.900 a 14.000 kg ha<sup>-1</sup>.
- El grupo **c** únicamente se compone por el tratamiento de valor 5.200 kg ha<sup>-1</sup>.

**Figura 15.**

*Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA de materia verde*



#### 4.1.13.4. ANOVA Tratamientos Según el Porcentaje de Cubrimiento de Área y Fecha de Corte

De acuerdo con los resultados de la Tabla 27, se observa un valor p menor a 0,05 para el factor de Tratamientos, por lo que se determina que estos si producen cambios significativos en la el Porcentaje de Cubrimiento de Área, no obstante, no se producen cambios significativos con relación a la fecha de corte.

**Tabla 27.**

***Esquema ANOVA cubrimiento de área***

Fuente de Variación	de	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	de Cuadrados Medios	Valor F	P – value
Tratamientos		6	33.570	5.595	8,67	2,10*10 <sup>-6</sup>
Fecha de Corte	de	1	120	120	0,18	0,66
Residuos		48	30.977	645,4		

Los supuestos del ANOVA han definido lo siguiente:

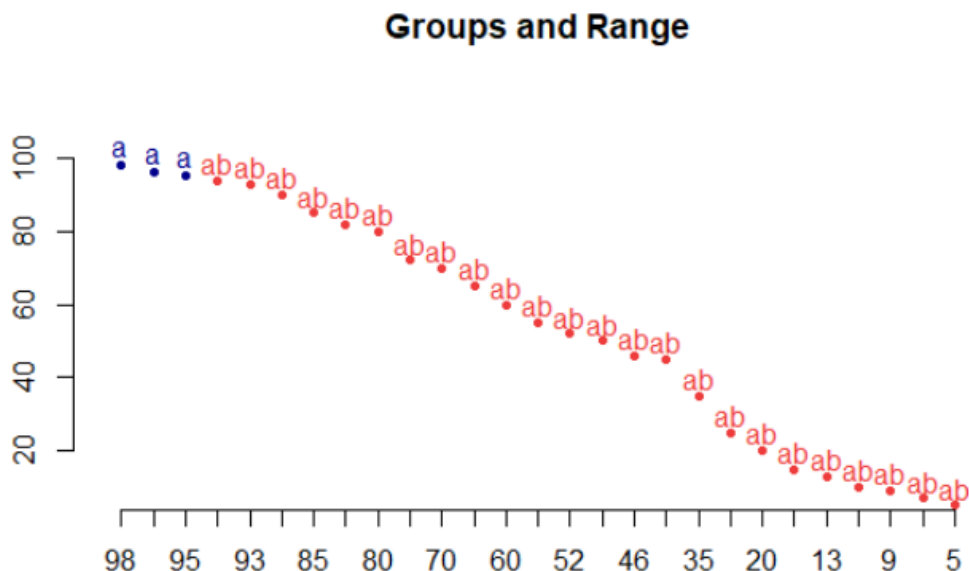
- Los residuos han definido un valor p para la prueba de Shapiro Wilks de 0,017 por lo que no existe normalidad.
- Sobre la prueba de Puntajes de Varianzas no Constantes deojo un valor p = 0,001 donde no existe homocedasticidad en los residuos.
- La prueba de Durbin Watson ha dejado un valor p = 0,788 con lo que no existe independencia en los residuos.

Según la Figura 16, el análisis post hoc realizado a través de una prueba de Tukey ha definido 2 grupos de pesos de materia verde que definen diferencias estadísticas entre sí:

- El grupo **a** se compone por el tratamiento que va desde 95% a 98%.
- El grupo **ab** se compone por valores desde 5% a 94%.

**Figura 16.**

*Resultados de la prueba de Tukey (HSD) del ANOVA cubrimiento de área*



#### 4.1.14. Análisis de Costos

Se procedió con el desarrollo de un análisis comparativo de los costos de producción de MS, se tomó en cuenta que el experimento detalla una aplicación exhaustiva de las dosis de acrilato definidas como razón de estudio. Los mismos criterios de control se desarrollaron en relación a la frecuencia de

riego, salvo el tratamiento control, donde el agricultor se encontraba a cargo de la frecuencia de riego, existiendo variaciones en los costos de los tratamientos dependiendo de los diferentes niveles de los factores en estudio.

De acuerdo con la Tabla 28, y recordando que existen 4 bloques de aplicación de los tratamientos, se determinó que el costo total del T1 fue de \$ 9.136,00; para el T2 el costo fue de \$ 9.828,00; para el T3 fue de \$ 9.196,00. Entre tanto, la aplicación del T4 fue de \$ 15.536,00; del T5 fue de \$ 16.348,00; del T6 fue de \$ 15.716,00; y, el T7 costó \$ 3.428,00

Complementando la información previa, se calculó el total de producción de Ms donde el T1 determinó una producción de 20.280 kg ha<sup>-1</sup>, el T2 obtuvo una producción de 37.127 kg ha<sup>-1</sup>, el T3 con una producción de 23.007 kg ha<sup>-1</sup> de MS, el T4 determinó con 20.335 kg ha, el T5 produjo 37.545 kg ha<sup>-1</sup>, el T6 obtuvo una producción de 18.099 kg ha<sup>-1</sup>, mientras que la producción del T7 fue de 18.225 kg ha<sup>-1</sup>.

**Tabla 28.**

***Análisis de costos de los tratamientos***

<b>Costos del tratamiento por bloque en USD</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>	<b>T6</b>	<b>T7</b>
<b>Dosis de Acrilato de Potasio</b>	100 kg ha <sup>-1</sup>	100 kg ha <sup>-1</sup>	100 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	200 kg ha <sup>-1</sup>	Absoluto
<b>Frecuencia de Riego</b>	Solo Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Solo Inicio	A los 15 días	A los 30 días	Del Agricultor
<b>Preparación de suelo</b>	125	125	125	125	125	125	125
<b>Semilla</b>	165	165	165	165	165	165	165
<b>Fertilización</b>	176	176	176	176	176	176	176
<b>Siembra / rodillo</b>	30	30	30	30	30	30	30
<b>Riego</b>	128	256	128	128	256	128	256
<b>Mano de obra</b>	60	105	75	60	105	75	105
<b>Hidrogel</b>	1600	1600	1600	3200	3200	3200	
<b>Costo [Subtotal por bloque]</b>	2284	2457	2299	3884	4087	3929	857
<b>Costo [Total general]</b>	9136	9828	9196	15536	16348	15716	3428
<b>Producción de Pasto [Total (kg ha<sup>-1</sup>)]</b>	20280	37127	23007	20335	37545	18099	18225
<b>Costo por producción de pasto [USD / (kg ha<sup>-1</sup>)]</b>	0,45	0,26	0,40	0,76	0,44	0,87	0,19

Finalmente, se pudo determinar que el T7 determina menor costo de producción de pasto, donde para cada kg ha<sup>-1</sup> de pasto se utilizan \$ 0,19, seguido de cerca por la producción del T2 que para la producción de cada kg ha<sup>-1</sup> se utilizan 26 centavos. Por el contrario, el costo de producir 1 kg ha<sup>-1</sup> de pasto en los demás tratamientos en estudio, va desde \$ 0,44 hasta los \$ 0,87, por este motivo se ha definido que, a pesar de que el menor costo es el del T7 (testigo), la producción de pasto del T2 brindará mayores ganancias en relación a kg ha<sup>-1</sup> donde el costo es adecuado y la producción es óptima.

## 4.2. DISCUSIÓN

La producción de pastos se analiza generalmente en la industria pecuaria, con el fin de obtener forraje de calidad en una mayor cantidad y con un menor costo. Los tiempos de riego, el tipo y la cantidad de acrilato de potasio han demostrado tener una injerencia en la producción de pasto. Comparando estos resultados, según lo mostrado en Villalobos *et al.* (2013), se ha definido que además de los factores analizados en el presente estudio, la zona donde se realizó la investigación y las condiciones climatológicas, también generan cambios significativos en la producción de pastos. El estudio fue desarrollado en Costa Rica a cerca de 2800 m.s.n.m., y si bien las condiciones del clima son diferentes, dicho estudio se realizó a una altitud similar. El estudio determinó un máximo de 3.395 kg ha<sup>-1</sup> de producción de pasto, mientras que con los factores analizados en este estudio se logró una producción máxima promedio de 6.101 kg ha<sup>-1</sup>, determinando que los factores analizados en este estudio resultarían tener mayor efecto que la altitud y el clima.

Un estudio similar fue realizado en Pastaza, Ramírez de la Ribera *et al.* (2017), concluyó que además del clima se analizan los meses de cultivo, donde se ha determinado que entre los meses de octubre y enero se obtiene mayor crecimiento del pasto, lo que no fue motivo de investigación, sin embargo, resultaría adecuado tomar en cuenta este factor para determinar cuál es su interacción con los factores tomados en cuenta en el presente trabajo.

Se puede listar un estudio desarrollado por Goyes *et al.* (2018), realizado en Santo Domingo, Ecuador, donde el rendimiento generado en la mencionada

investigación llega a tener una producción mucho mayor a la obtenida en el presente estudio, se logró una producción de  $14.800 \text{ kg ha}^{-1}$ , de MS, pero en ese estudio se realizó una comparación entre diferentes fertilizantes adicionando un hidrogel de poliacrilato de potasio, donde se logró determinar que el fertilizante de potasio tiene menos limitantes para el crecimiento del pasto, que resulta ser el compuesto utilizado para el presente estudio, pero también se indica que los fertilizantes compuestos de nitrógeno si generan una resistencia al crecimiento (hidrogel). Este efecto activo del fertilizante utilizado, le da un grado de representatividad al utilizar el mejor fertilizante de la investigación mencionada, no obstante, resultaría adecuado analizar los fertilizantes en los estudios con el fin de corroborar los mencionados resultados.

Finalmente, se encontró un estudio parecido al aplicado en la presente investigación, donde se analizó fertilizantes de nitrógeno, potasio, magnesio, entre otros, en diferentes pasturas en un área controlada de estudios de la Universidad Central del Ecuador. En este estudio también se utilizó una dosis de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$  de acrilato de potasio, donde se determinó una producción de pasto máxima de  $3.407 \text{ kg ha}^{-1}$ , donde se comprueba que la dosis de nitrógeno si condiciona el crecimiento del pasto (siguiendo la premisa del estudio anteriormente mencionado), pero principalmente, se menciona que la dosis de acrilato de potasio de  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ , funciona de manera excelente en condiciones similares a las de esta investigación, y se han obtenido conclusiones semejantes en base al análisis de la dosis de acrilato de potasio utilizado, a pesar de contar con producciones menores a las definidas en el presente estudio, lo que da indicios de la importancia de analizar la frecuencia del riego en la producción de los pastos .

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

- El factor de repeticiones no produce diferencia significativa en la producción de pasto, y en general, para ninguna de las características cuantitativas determinadas en la presente investigación.
- El tratamiento testigo produce diferencias significativas con relación a los demás, analizando su producción de MS.
- La comparación entre los tratamientos que se investigaron determinó que existen diferencias estadísticamente significativas entre estos, donde el T2 fue el que determinó una mayor producción de pasto promedio, con una dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de acrilato de potasio y una frecuencia de riego de 15 días.
- El T7 generó una menor producción de MS, teniendo en cuenta una frecuencia de riego establecida por el agricultor de 15 días; en esta área experimental no se colocó ninguna dosis de acrilato de potasio.
- Se realizó un análisis en relación a la fecha de corte, donde se determinó que no existen diferencias estadísticas entre las dos fechas, realizadas a los 45 y 70 días respectivamente. Sin embargo, a pesar de no existir diferencias significativas la producción del primer corte es ligeramente mayor que la del segundo corte.
- De acuerdo al análisis de costos, se logró determinar que el tratamiento más costoso es el T6, donde se utilizaron 200 kg ha<sup>-1</sup> de acrilato de potasio con una frecuencia de riego de 30 días, mientras que el tratamiento menos costoso fue el T7, en el cual se utilizó menos recursos pues se aplicó una frecuencia de riego de 15 días y ninguna dosis de acrilato de potasio.
- Comparando los resultados del análisis de costos y de los tratamientos en estudio, se definió que el T2 es el mejor con una dosis de acrilato de potasio de 100 kg ha<sup>-1</sup>, y una frecuencia de riego de 15 días, puesto que optimiza el costo – beneficio de producción de pasto y esto sucede debido a que maximiza la producción de MS, también es el segundo tratamiento que menor costo de producción detalla.

## RECOMENDACIONES

- Según los resultados de la presente investigación, se recomienda la utilización de una dosis de 100 kg ha<sup>-1</sup> de acrilato de potasio, y aplicar una frecuencia de riego de 15 días, con el fin de optimizar la producción de MS.
- Se recomienda realizar el corte del pasto a los 45 días, puesto que no se determinó una diferencia significativa entre la producción pasado de este periodo frente al periodo de 70 días, pudiendo recolectar una producción similar en los dos cortes
- El uso de acrilato de potasio en la dosis y frecuencia de riego recomendada en este estudio minimiza notablemente el ataque de enfermedades en la época seca de la zona en estudio.
- Realizar el análisis a futuro con otras dosis de acrilato y frecuencias de riego; e incluso tomando en cuenta otros factores con el fin de determinar, si los niveles del presente estudio minimizan costos y maximizan la producción, frente a otros niveles u otros factores de estudio.



## REFERENCIAS

- Aguirre, R. C. (2021). Calidad de suelos y reservorios de carbono de los suelos asociados a dos manejos de piña (orgánico y convencional) y una zona de bosque secundario en La Virgen de Sarapiquí, Heredia. <https://hdl.handle.net/10669/85516>.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (2016). Evapotranspiración del cultivo: guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma: FAO, 298(0). <https://www.fao.org/3/x0490s/x0490s.pdf>.
- Álvarez Varela, E., Espino Hernández, M., Contreras Alarcón, R., & Álvarez Pineda, A. B. (2005). Evaluación de la resistencia a los antimicrobianos por el sistema DIRAMIC. *Rev. panam. infectol*, 28-32. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/441/4412517008/index.html>.
- Andrade, F. H. (2016). Los desafíos de la agricultura. Andrade, F. H. (2016). Los desafíos de la agricultura. [https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta\\_los\\_desafios\\_de\\_la\\_agricultura\\_f\\_andrade.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_los_desafios_de_la_agricultura_f_andrade.pdf).
- Barea, J. M., Palenzuela, J., Cornejo, P., Sánchez-Castro, I., Navarro-Fernández, C., López-García, A., ... & Azcón-Aguilar, C. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain. *Journal of arid environments*, 75(12), 1292-1301. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2011.06.001>Get rights and content.
- Begum H, Yusoff FM, Banerjee S, Khatoon H, Shariff M. Availability and Utilization of Pigments from Microalgae. *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2016 Oct 2;56(13):2209-22. doi: 10.1080/10408398.2013.764841. PMID: 25674822.
- Beltran-Morales, F. A., & Ruiz-Espinoza, F. H. (2020). Aplicación de quitosano incrementa la emergencia, crecimiento y rendimiento del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en condiciones de invernadero. *Biotecnia*, 22(3), 156-163. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v22i3.1338>.
- Berro T, Zayhowski K, Field T., Channaoui, N., & Sotelo, J. (2017). Genetic counselors' comfort and knowledge of cancer risk assessment for transgender patients. *Journal of Genetic Counseling*, 29(3), 342-351. doi: 10.1002/jgc4.1172.
- Bonifaz, N. (2018). Pastos y Forrajes del Ecuador. Siembra Y Producción de Pasturas. <https://pure.ups.edu.ec/es/publications/pastures-and-forages-of-ecuador-sowing-and-production-of-pastures>.
- Bonilla, L. C., & Rojas, J. J. V. (2021). Evaluación de dos variedades de rábano (*Raphanus sativus* L.) cv. Crimson giant y cv. Champion INIAF con y sin aplicación de lixiviado de humus de lombriz en la localidad de Sapecho,

Palos Blancos. Revista Estudiantil AGRO-VET, 5(1), 24-29. [http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2523-20372021000100004&lng=pt&nrm=iso](http://www.revistasbolivianas.ciencia.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2523-20372021000100004&lng=pt&nrm=iso).

Bravo Macay, L. M., & Loor Zambrano, J. J. (2021). Efecto del hidrogel y vermicompost sobre la productividad del pasto cuba OM-22 (*Pennisetum purpureum* x *P. Glaucum*) en época seca (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL). <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1437>.

Canseco, C., Demanet, R., Balocchi, O., Parga, J., Anwandter, V., Abarzúa, A., ... & Lopetegui, J. (2007). Determinación de la disponibilidad de materia seca de praderas en pastoreo. Manejo del pastoreo. Imprenta América, Osorno, Chile, 23-50. [https://issuu.com/cooprinsem/docs/manual\\_de\\_manejo\\_del\\_pastoreo/8](https://issuu.com/cooprinsem/docs/manual_de_manejo_del_pastoreo/8).

Caviedes-Rubio, D. I., & Olaya-Amaya, A. (2018). Ecoturismo en áreas protegidas de Colombia: una revisión de impactos ambientales con énfasis en las normas de sostenibilidad ambiental. Revista Luna Azul, (46), 311-330. <https://revistasojs.ucaldas.edu.co/index.php/lunazul/article/view/3271>.

Cerón, E. E., Montes-Rojas, Consuelo., & Anaya-Florez, M. D. S. (2022). Efecto del abono a base de hoja de coca en *Pisum sativum* L. en el Cauca, Colombia. Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial, 20(1), 124-135. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v20.n1.2022.1840>.

Correa, H. J., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (2016). Valor nutricional del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hoechst Ex Chiov.) para la producción de leche en Colombia (Una revisión): I-Composición química y digestibilidad ruminal y posruminal. *Livestock Research for Rural Development*, 20(4), 59. [http://www.latranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/Valor\\_nutricional\\_del\\_pasto\\_kikuyo.pdf](http://www.latranqueraweb.com.ar/web/archivos/menu/Valor_nutricional_del_pasto_kikuyo.pdf).

Delgado Martínez, R., Escalante Estrada, J. A. S., Díaz Ruíz, R., Trinidad Santos, A., Morales Rosales, E. J., & Sosa Montes, E. (2014). Defoliación en maíz y su efecto sobre el rendimiento de frijol-maíz en asociación. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 5(6), 1015-1027. [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342014000600009&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342014000600009&lng=es&tlng=es).

FAO (2013). Agroindustrias y desarrollo. <https://www.fao.org/3/l3125s/l3125s.pdf>.

Forero Silva, L. Y., & Velásquez Suárez, V. A. (2009). Tratamiento de los activos biológicos en Colombia aplicando la NIC 41 (agricultura). Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria\\_publica/477](https://ciencia.lasalle.edu.co/contaduria_publica/477).

González, A. A. (2018). Tecnología e innovación: una apuesta para desarrollar el agro colombiano. Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales, 5(2), 4-5. <https://doi.org/10.23850/24220582.1797>.

- Goyes-Vera, F. R., Martínez-González, J. C., Saquicela-Rojas, R. A., Catota-Gómez, L. D., Acosta-Jácome, M. V., & Barros-Valarezo, F. B. (2018). Fertilización y Producción de pastos del género *Pennisetum* en Santo Domingo, Ecuador. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 21, 213-223.  
<https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/2341/1141>.
- Hernández Hernández, M., López Ortiz, S., Jarillo Rodríguez, J., Ortega Jiménez, E., Pérez Elizalde, S., Díaz Rivera, P., & Crosby Galván, M. M. (2020). Rendimiento y calidad nutritiva del forraje en un sistema silvopastoril intensivo con *Leucaena leucocephala* y *Megathyrsus maximus* cv. Tanzania. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(1), 53-69. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4565>.
- INEC. (2017) III Censo Agropecuario. Volumen 1. [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/CNA/Tomo\\_CNA.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/CNA/Tomo_CNA.pdf)
- INEC. (2018). Reporte de Economía Laboral – junio 2018. [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2018/Junio-18. Informe\\_Economia\\_laboral-jun18.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/EMPLEO/2018/Junio-18. Informe_Economia_laboral-jun18.pdf).
- León, R., Bonifaz, N., & Gutiérrez, F. (2018). *Pastos y forrajes del Ecuador Siembra y producción de pasturas*. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/19019/4/PASTOS%20Y%20FORRAJES%20DEL%20ECUADOR%202021.pdf>.
- Tomalá, K. Á. (2018). Evaluación de tres métodos de plantación en el prendimiento de la especie forestal algarrobo *Prosopis juliflora* SW DC. en la zona seca árida de Ancón, cantón Santa Elena. La Libertad. UPSE, Matriz. Facultad de Ciencias Agrarias. 81p. <http://repositorio.upse.edu.ec:8080/jspui/handle/46000/4283>
- Pacheco, J. F., Gonzales, M. Á., & Ramírez, M. C. (2013). Transformación de Unidades Productivas tradicionales en Negocios Verdes. [https://nanopdf.com/download/transformacion-de-unidades-productivas-tradicionales-en\\_pdf](https://nanopdf.com/download/transformacion-de-unidades-productivas-tradicionales-en_pdf).
- Pedroza-Sandoval, A., Trejo, R., & López-Romero, L. L. (2015). Caracterización de biosólidos para su aprovechamiento agrícola. *Agrofaz*, 15(2), 49-58. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5753859>.
- Plan nacional de creación de oportunidades (2021) CEPAL. <https://observatorioplanificacion.cepal.org/es/planes/plan-de-creacion-de-oportunidades-2021-2025-de-ecuador#:~:text=El%20Plan%20de%20Creaci%C3%B3n%20de,en%20e l%20Plan%20de%20Gobierno>.
- Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Bolívar 2015 – 2026, (2016). <https://odsterritorioecuador.ec/wp-content/uploads/2019/04/PDOT-CANTON-BOLIVAR-2016-2025.pdf>.

- Ramírez de la Ribera, J. R., Burgos, D. Z., Campuzano, J., Acosta, D. V., Marcheco, E. C., Benítez, Y. A., ... & Cabadiana, H. U. (2017). El clima y su influencia en la producción de los pastos. REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, 18(6), 1-12. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651420007>.
- Rodríguez, A. M., Díaz Ortiz, J.E., & Idrobo, Humberto Junior (2010). COMPORTAMIENTO DEL HIDROGEL EN SUELOS ARENOSOS. Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, (9),33-37. ISSN: 1692-9918. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=231116434004>.
- Sánchez, P. A. (2018). Linking climate change research with food security and poverty reduction in the tropics. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82(1-3), 371-383. DOI:10.1016/S0167-8809(00)00238-3.
- Solo, M. (2016). Evaluación de técnicas de manejo para mejorar la utilización del pasto kikuyo (*Pennisetum clandestinum* Hochst. Ex Chiov) en la producción de ganado lechero en Costa Rica. <https://hdl.handle.net/10669/77013>.
- Torres Salado, N., Moctezuma Villar, M., Rojas García, A. R., Maldonado Peralta, M. D. L. Á., Gómez Vázquez, A., & Sánchez Santillán, P. (2020). Comportamiento productivo y calidad de pastos híbridos de *Urochloa* y estrella pastoreados con bovinos. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 11(SPE24), 35-46. <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i24.2356>.
- Varela, L. A. & Ron, S. R. (2018). Geografía y clima del Ecuador. BIOWEB. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. <<https://bioweb.bio/geografiaClima.html/>>
- Vargas-Calvo, A., & Valle-Ruiz, H. (2011). Efecto de dos tipos de fundas sobre el fruto de banano (*Musa* AAA). *Agronomía mesoamericana*, 22(1), 81-89. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43721202010>.
- Velázquez Castro, J. A. (2018). Agricultura multifuncional: relevancia para el turismo en México. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 9(7), 1494-1507. <https://doi.org/10.29312/remexca.v9i7.1178>
- Vibrans Lindemann, Heike, & Santiago Santiago, Alfredo, & Pérez Olvera, Ma. Antonia, & Navarro Garza, Hermilio, & Musálem Santiago, Miguel Ángel (2012). La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18(1),71-86. ISSN: 2007-3828. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62924537006>
- Vicuña Pilataxi, C. P. (2018). Análisis de la importancia que tiene el biocomercio para la exportación de cacao ecuatoriano Región Costa período 2014-2016 (Bachelor's thesis). <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16524>

- Villalobos, L., Arce, J., & WingChing, R. (2013). Producción de biomasa y costos de producción de pastos estrella africana (*Cynodon nlemfuensis*), kikuyo (*Kikuyuocloa clandestina*) y ryegrass perenne (*Lolium perenne*) en lecherías de Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 37(2), 91-103. DOI 10.15517/RAC.V37I2.12765
- Villalobos, L., & Sánchez, J. M. (2010). Evaluación agronómica y nutricional del pasto ryegrass perenne tetraploide (*Lolium perenne*) producido en lecherías de las zonas altas de Costa Rica. I. Producción de biomasa y fenología. *Agronomía costarricense*, 34(1), 31-42. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0377-94242010000100004&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0377-94242010000100004&lng=en&tlng=es).
- Villegas, N. P., Gaigl, A., & Vallejo, L. F. (2016). Reconocimiento de especies del complejo chisa (Coleoptera: Melolonthidae) asociadas al cultivo de cebolla y pasto kikuyo del departamento de Risaralda, Colombia. *Agronomía*, 14, 51-63.
- Wong Corral, Francisco Javier, & Reyes-Pérez, Juan José, & Hernández-Montiel, Luis Guillermo, & Rueda-Puente, Edgar O, & Borboa Flores, Jesús, & Rodríguez Félix, Francisco (2016). Halobacterias promotoras del crecimiento vegetal en Brassica oleracea en el noroeste de México. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, (17),3509-3519]. ISSN: 2007-0934. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=263149506010>.
- Yagüe, J. L. F. (2003). Técnicas de riego. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/extaut?codigo=1627724>

## ANEXOS

### Anexo 1. Acta de Pre-defensa



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
CENTRO DE POSGRADO  
UNIDAD DE TITULACIÓN



### Maestría en Agropecuaria mención Sistemas de Producción de Rumiantes

#### Acta de la sustentación oral de la predefensa del TDT

Código UPEC-P13-S02-AT01. Versión: 02: 07 de diciembre de:

**Maestrante** Ing. Guerrero Jirón Walter **Cédula de identidad:** 0401320833

Tribunal designado por la dirección de este Programa de Posgrado, conformado por:

**Examinador/a presidente** Msc. Ibarra Rosero Edison Marcelo

**Tutor** Msc. Herrera Ramirez Carlos David

**Examinador/a** Msc. Benavides Rosales Hernán Rigobreto

**Fecha:** 8/3/2022

**Lugar:** Edificio Posgrados Aula 4( **Hora:** 17:15

#### Art. 23.- De la aprobación de la pre-defensa del informe de investigación.-

El estudiante deberá obtener la nota mínima de 7/10.

#### Obteniendo las siguientes notas:

1)Sustentación de la predefensa:	5,77
2) Trabajo escrito	2,40

**NOTA FINAL DE PREDEFENSA: 8,17**

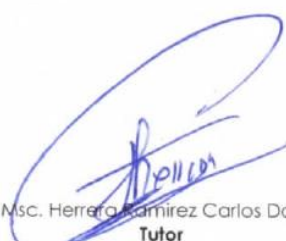
Por lo tanto: **APRUEBA**


Art. 35.- De los estudiantes que aprueban el informe del trabajo de titulación con observaciones.

Art. 36.- De la no presentación a la predefensa del trabajo de titulación.

Para constancia del presente firman:

  
Msc. Ibarra Rosero Edison Marcelo  
**Examinador/a presidente**

  
Msc. Herrera Ramirez Carlos David  
**Tutor**

  
Msc. Benavides Rosales Hernán Rigobreto  
**Examinador/a**

Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Walter Orlando Guerrero Jiron				
DATE: 6 de diciembre de 2022				
TOPIC: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE ACRILATO DE POTASIO Y FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE LA PRODUCCIÓN DE PASTO"				
MARKS AWARDED		QUANTITATIVE AND QUALITATIVE		
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés, 5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED	TOTAL 9		



## UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

### Informe sobre el Abstract de Artículo Científico o Investigación.

**Autor:** Walter Orlando Guerrero Jiron

**Fecha de recepción del abstract:** 6 de diciembre de 2022

**Fecha de entrega del informe:** 6 de diciembre de 2022

El presente informe validará la traducción del idioma español al inglés si alcanza un porcentaje de: 9 – 10 Excelente.

Si la traducción no está dentro de los parámetros de 9 – 10, el autor deberá realizar las observaciones presentadas en el ABSTRACT, para su posterior presentación y aprobación.

#### **Observaciones:**

Después de realizar la revisión del presente abstract, éste presenta una apropiada traducción sobre el tema planteado en el idioma Inglés. Según los rubrics de evaluación de la traducción en Inglés, ésta alcanza un valor de 9, por lo cual se valida dicho trabajo.

Atentamente



firmado electrónicamente por:  
EDISON BOANERGES  
PENAFIEL ARCOS

Ing. Edison Peñafiel Arcos MSc  
Coordinador del CIDEN