



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

FACULTAD DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Extensión Pedernales

Carrera de Ingeniería Agropecuaria

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

TITULO

Evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva
en la Estación Experimental Latitud 0, Cojimíes 2025

AUTOR

Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth

TUTOR

Ing. Mendieta Renato Mg.

Pedernales -Manabí-Ecuador

2026

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

El tribunal evaluador

Certifica:

Que el trabajo de fin de carrera en la modalidad de Proyecto de investigación titulado: **“EVALUACIÓN DE TRES DENSIDADES DE SIEMBRA DE CÉSPED EN ÁREA DEPORTIVA EN LA ESTACIÓN EXPERIMENTAL LATITUD 0, COJIMÍES 2025”** realizado y concluido por la señorita: **Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth**, ha sido revisado y evaluado por los miembros del tribunal.

El trabajo de fin de carrera antes mencionado cumple con los requisitos académicos, científicos y formales suficientes para ser aprobado.

Pedernales, 02 de marzo de 2026

Para dar testimonio y autenticidad firman:

Ing. Derli Álava Rosado PhD

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Pablo Zamora Mg

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Mg. Tyrone Antonio Zambrano Barcia Mg

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, Extensión Pedernales puedo certificar:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, cumpliendo el total de 400 horas, bajo la modalidad de proyecto de investigación cuyo tema del proyecto es: **“Evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0, Cojimíes 2025”**, el mismo que ha sido desarrollado de acuerdo a los lineamientos internos de la modalidad en mención y en apego al cumplimiento de los requisitos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico, por tal motivo **CERTIFICO**, que el mencionado proyecto reúne los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometido a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

La autoría del tema desarrollado corresponde a la Srta. Rosado Muñoz Nayehy Elizabeth, estudiante de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2025(2) quien se encuentra apto para la sustentación de su trabajo de titulación particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Pedernales, 02 de marzo de 2026

Lo certifico.

Ing. Renato Mendieta Mg.

DOCENTE TUTOR

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Yo, Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth, con cédula de identidad No. 1317472957 Declaro que el presente trabajo de titulación: “Evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0, Cojimíes 2025”, ha sido desarrollado considerando los métodos de investigación existente y respetando los derechos intelectuales de terceros considerados en las citas bibliográficas.

Consecuentemente declaro que las ideas y contenidos expuestos en el presente trabajo son de mi autoría, en virtud de ello, me declaro responsable del contenido, veracidad y alcance de la investigación antes mencionada.

Pedernales, 02 de marzo de 2026

Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth

C.I: 1317472957

DEDICATORIA

Este presente trabajo está dedicado en primer lugar a Dios, porque sin el nada es posible, desde que empieza un nuevo día él nos da nuevas oportunidades para ponernos de pie y poder enfrentarnos a los retos y desafíos de la vida, gracias a él puedo hoy cumplir uno de los objetivos que he planteado para mi vida. También dedico este trabajo con todo mi corazón y esfuerzo a mi madre por su apoyo incondicional a lo largo de este proceso, gracias por estar presente en cada etapa de mi vida, por su paciencia, por sus consejos y por confiar en mí incluso en los momentos más difíciles, su respaldo fue fundamental para poder culminar esta meta.

Dedico a mi esposo quien es mi fortaleza en todo momento por brindarme su apoyo incondicional y por motivarme a seguir adelante y a nuestro querido hijo Christian Daniel, nuestro pequeño y amoroso hijo, nos alegra todos nuestros días, él llegó a darnos calma, alegrías y los mejores momentos los compartimos día a día con él desde que sale el sol hasta que se oculta. Cuando sentimos que no podemos seguir luchando lo miramos y esa sonrisa tan tierna nos motiva a seguir adelante, Por ser mi razón de vida quiero terminar mis estudios y ser un ejemplo para mi amado hijo.

Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por permitir mi vida y poder haber llegado hasta esta etapa, donde empiezo un nuevo camino lleno de obstáculos los cuales me enseñan a ser mejor persona y esforzarme cada día. Quiero expresar mis agradecimientos en estos párrafos a aquellas personas que han contribuido grandemente en mi vida personal y en mi formación académica.

A mi amado madre ella es uno de mis mayores tesoros, me han enseñado valores que me han hecho una mujer responsable, respetuoso y formado, gracias a ella estoy aquí luchando por alcanzar mi título universitario, a ella le debo mucho por eso les agradezco con todo mi corazón por apoyarme en todo momento.

Agradezco de forma especial a mi amado esposo, por su comprensión y acompañamiento constante, gracias por caminar a mi lado y por brindarme estabilidad y apoyo en todo momento, él me ha alentado en todo momento es mi fortaleza. Agradezco también a mi turo de tesis Ing Renato Mendieta por acompañarme y guiarme en todo este proceso y por formar parte de mi educación universitaria, de manera especial agradezco también a la ULEAM extensión Pedernales por permitir mi formación académica en esta prestigiosa institución y a cada uno de los docentes que han aportado en todo este proceso.

Rosado Muñoz Nayelhy Elizabeth

RESUMEN

El presente ensayo se realizó en la Estación Experimental Latitud "0" con el objetivo de evaluar tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0, investigación de carácter experimental, cuantitativo-cualitativo con un Diseño de Bloques Completamente al Azar (DBCA), se utilizó la Prueba de Tukey, las variables de respuesta estudiadas fueron: Altura de planta en cm, largo de raíz cm, peso de raíz gr, peso de follaje gr y peso de biomasa en gr. Se establecieron tres tratamientos T1: 20 gr semillas/m², T2: 40 gr semillas/m² y T3: 30 gr semillas/m² y Testigo 0: 18 gr semillas/m² aplicando método de siembra directa, con cuatro repeticiones por cada tratamiento. En cuanto al desarrollo vegetativo, el peso de raíz presentó los mayores promedios en los tratamientos T1 (20 g/m²) y T3 (40 g/m²), la variable peso del follaje, los valores más altos se registraron en los tratamientos T0 (18 g/m²) y T1 (20 g/m²), altura de planta y el mayor largo de raíz se obtuvieron con la densidad intermedia de 20 g/m² de semilla por m², evidenciando una tendencia hacia un mejor equilibrio entre biomasa aérea y desarrollo radicular. Las densidades intermedias (20 y 30 g/m²) mostraron un comportamiento agronómico equilibrado. La biomasa mostró una correlación positiva moderada peso foliar ($r = 0,532$), también se presentó correlación significativa entre peso radicular y peso foliar ($r = 0,635$; $p = 0,026$), evidenciando equilibrio funcional entre los compartimentos vegetativos y el análisis foliar reveló niveles adecuados de N, K, Ca y Mg, que sustentaron el crecimiento vegetativo.

Palabras claves: Densidad de siembra, cobertura, calidad, semillas, área deportiva

ABSTRACT

This trial was conducted at the Latitude “0” Experimental Station with the objective of evaluating three turf seeding densities in a sports area at the Latitude 0 Experimental Station. The research was experimental, quantitative-qualitative in nature, using a Randomized Complete Block Design (RCBD). Tukey's test was used. The response variables studied were: plant height (cm), root length (cm), root weight (g), foliage weight (g), and biomass weight (g). Three treatments were established: T1: 20 g seeds/m², T2: 40 g seeds/m², and T3: 30 g seeds/m², with a control (0): 18 g seeds/m². Direct seeding was used, with four replicates per treatment. Regarding vegetative development, root weight showed the highest averages in treatments T1 (20 g/m²) and T3 (40 g/m²). For foliage weight, the highest values were recorded in treatments T0 (18 g/m²) and T1 (20 g/m²). Plant height and the greatest root length were obtained with the intermediate seeding density of 20 g/m², indicating a trend toward a better balance between aboveground biomass and root development. Intermediate densities (20 and 30 g/m²) showed balanced agronomic performance. Biomass showed a moderate positive correlation with leaf weight ($r = 0.532$), and a significant correlation was also found between root weight and leaf weight ($r = 0.635$; $p = 0.026$), demonstrating functional balance between vegetative compartments. Foliar analysis revealed adequate levels of N, K, Ca, and Mg, which supported vegetative growth.

Keywords: Seeding density, cover, quality, seeds, sports field

TABLA DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DE APROBACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD	IV
DEDICATORIA.....	V
AGRADECIMIENTO.....	VI
RESUMEN	7
ABSTRACT	8
TABLA DE CONTENIDO.....	9
INDICE DE GRÁFICOS.....	14
ÍNDICE DE TABLAS	14
ÍNDICE DE ANEXOS	16
CAPÍTULO I.....	18
1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	20
1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.....	21
• Variable independiente:	21
• Variable dependiente:	22
1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	22

1.3HIPOTESIS	22
1.4OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	23
1.4.1 Objetivo general	23
1.4.2 Objetivos específicos	23
1.5JUSTIFICACIÓN	24
1.6MARCO TEÒRICO	26
1.6.1 Antecedentes	26
1.7Bases Teóricas.....	27
1.7.1 Césped Bermuda	27
1.7.2 Taxonomía del césped Bermuda.....	28
1.7.3 Morfología del césped Bermuda.....	29
✓ Hojas:.....	29
✓ Tallos	29
✓ Inflorescencias	29
✓ Sistema radicular:	29
✓ Reproducción:.....	30
1.7.4 Características	30
1.7.5 Tipos	31
✓ Bermuda común:.....	31
✓ Bermuda común mejorada:	31

✓ Césped bermuda híbrido.....	31
1.7.6 Condiciones requeridas del césped Bermuda	32
1.7.7 Cualidades de los céspedes de campos deportivos	32
1.7.8 Densidad de siembra	33
1.7.9 Métodos de propagación.....	34
1.7.10 Fertilización.....	35
CAPITULO II	36
2. METODOLOGÍA	36
2.1 Métodos de investigación	36
2.1.1 Localización y duración del ensayo.....	37
2.1.2 Características climáticas.....	38
2.2 TÉCNICAS Y MÉTODOS APLICADOS EN EL ENSAYO EXPERIMENTAL.....	39
2.2.1 <i>MÉTODOS APLICADOS EN EL ENSAYO</i>	39
2.3 Técnicas de investigación.....	39
2.4 Tipo y diseño de la investigación	40
2.4.1 Diseño del ensayo experimental	40
2.5 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL	41
2.5.1 Características generales de la parcela experimental	42
2.5.2 Análisis de Variancia.....	42
2.5.3 Análisis Funcional.	43

2.6 Materiales y Equipos	43
2.7 Variables de respuesta	44
2.7.1 Variable independiente	44
2.7.2 Variables dependientes.....	44
2.8 Manejo del experimento	44
2.8.1 Preparación del terreno:	44
2.8.2 Semilla:	45
2.8.3 siembra:	45
2.8.4 Control de malezas: Se realizaron dos limpiezas manuales (machete) a los 15 y 45 días de cultivos.....	45
2.9 Datos tomados y métodos de evaluación	45
2.9.1 Altura de planta antes del corte (cm).....	45
2.9.2 Peso de biomasa (g)	45
2.9.3 Peso del follaje (g)	46
2.9.4 Largo de raíz en (cm).....	46
2.9.5 Peso de raíces (g).....	46
CAPITULO III	47
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación	47

3.1.1 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación	47
3.2 Resultados de las variables evaluadas	47
3.2.1 Determinar el efecto de tres densidades de siembra de semilla (18, 20, 30 y 40 g/m ²) sobre las variables de crecimiento del césped Bermuda (C. dactylon) en un área deportiva y comparar el desarrollo de variables agronómicas (altura de planta, largo de raíz, peso de raíz, peso de follaje y biomasa total) entre las diferentes densidades de siembra	47
3.2.2 Prueba de Kruskal-Wallis: PESO RAIZ gr. Cynodon dactylon vs. TRATAMIENTOS.....	51
3.2.3 Comparaciones para LARGO DE RAIZ cm Cynodon dactyl	64
3.2.4 Evaluar la influencia de las condiciones edáficas y nutricionales del suelo sobre el crecimiento del césped bajo distintas densidades de siembra durante el periodo experimental.....	72
3.2.5 Análisis de la precipitación durante el ensayo y su relación con el crecimiento de C. dactylon.....	75
3.2.6 Proponer recomendaciones técnicas de siembra y manejo agronómico de césped Bermuda para áreas deportivas en condiciones de alta precipitaciones con base en los resultados obtenidos	76
3.3 Discusión de los resultados	80
4. CONCLUSIONES	85
5. RECOMENDACIONES	86

6. BIBLIOGRAFÍA	87
7. ANEXOS	93

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación del ensayo.....	38
Gráfico 2. Diseño en campo.....	41
Gráfico 3. Diferencia de las medias para peso de biomasa en gr	50
Gráfico 4. Gráfica de efectos principales para peso raíz gr. <i>Cynodon dactylon</i>	52
Gráfico 5. Diferencias de medias para peso de follaje en gr.....	55
Gráfico 6. Gráfica de efectos principales para peso de follaje gr. <i>Cynodon dac</i> ...	57
Gráfico 7. Diferencia de medias para altura de planta en cm	60
Gráfico 8. Gráfica de efectos principales para altura de planta cm <i>Cynodon dac</i> .	62
Gráfico 9. Diferencia de medias para largo de raíz en cm	65
Gráfico 10. Gráfica de efectos principales para largo de raíz cm <i>Cynodon dactyl</i> 66	
Gráfico 11. Correlación: TRATAMIENTOS gr, semillas; PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i> ; Altura P. cm <i>C. dactylon</i> ; Peso Raíz gr. <i>C. dactylon</i> ; Peso Follaje gr. <i>C.</i>	68
Gráfico 12. ubicación de cancha de futbol en la Estación Experimental Latitud 0	79

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del <i>C. dactylon</i> (L.) Pers	28
Tabla 2. Densidad de siembra	34

Tabla 3.	Características climáticas del área de estudio.....	38
Tabla 4.	Estructura de los tratamientos de densidades de siembra de césped Bermuda (C. dactylon)	40
Tabla 5.	Características de la parcela experimental.....	42
Ítems	Valores	42
Tabla 6.	Esquema del Análisis de la Varianza	42
Tabla 7.	Materiales	43
Tabla 8.	Modelo lineal general: PESO BIOMASA gr. Cynodon dactyl vs. TRATAMIENTOS; BLOQUE	48
Tabla 9.	Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE	50
Tabla 10.	Estadísticas descriptivas.....	51
Tabla 11.	Prueba	52
Tabla 12.	Modelo lineal general: Peso de follaje gr. Cynodon dac vs. Tratamientos; Bloque	53
Tabla 13.	Coeficientes	54
Tabla 14.	Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias	54
Tabla 15.	Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE y diferencia de las medias	56
Tabla 16.	Modelo lineal general: ALTURA DE PLANTA cm Cynodon dac vs. TRATAMIENTOS; BLOQUE	58
Tabla 17.	Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias	59

Tabla 18.	Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE	61
Tabla 19.	3.2.8 Modelo lineal general: Largo de raíz cm C. dactyl vs. Tratamientos; Bloque	63
Tabla 20.	Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos	64
Tabla 21.	Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias	64
Tabla 22.	Correlaciones.....	67
Tabla 23.	Correlaciones en parejas de Pearson	68
Tabla 24.	Correlación Tratamientos vs variables biométricas	70
Tabla 25.	Correlaciones con BIOMASA (variable productiva clave).....	70
Tabla 26.	Correlaciones entre variables vegetativas.....	71
Tabla 27.	Correlaciones no significativas.....	71
Tabla 28.	Análisis integrado del suelo	72
Tabla 29.	Macronutrientes (% materia seca)	73
Tabla 30.	Micronutrientes (ppm).....	74
Tabla 31.	Precipitaciones de (octubre-noviembre-diciembre)	75
Tabla 32.	Presupuesto General para una cancha de 60 m largo x 40 m ancho ...	77

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexos 1.	Materiales utilizados para el establecimiento del ensayo	93
Anexos 2.	Siembra	93

Anexos 3.	Toma de datos de las variables	95
Anexos 4.	Altura del pasto del 10 de noviembre	96
Anexos 5.	Altura del pasto del 18 de noviembre	97
Anexos 6.	Altura del pasto 26 de noviembre.....	98
Anexos 7.	Altura del pasto del 04 de diciembre de 2025	99
Anexos 8.	Altura del pasto del 12 de diciembre de 2025	100
Anexos 9.	Altura del pasto del 20 de diciembre de 2025	101
Anexos 10.	Analisis de suelo	102
Anexos 11.	Analisis foliar.....	103

CAPÍTULO I

1. CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El césped natural es el preferido por los deportistas y espectadores, consideran que el balón de fútbol se maneja mejor sobre este tipo de superficie, por lo que el juego se desarrolla mejor en los estadios de fútbol donde las personas se recrean y divierten, pero existe una deficiencia en cuanto al manejo de especificaciones técnicas para una correcta instalación, densidad poblacional y gestión ha impedido que varios centros deportivos funcionen correctamente (De los Santos, 2023).

Para que estos campos deportivos resulten eficientes deben cumplir con ciertos estándares a nivel internacionales y nacional; por ejemplo, el campo de juego debe ser nivelado, terreno absorbente y una fina lámina de suelo con suficiente permeabilidad para proporcionar un ambiente ideal para el crecimiento de las raíces y debe estar compuesto por arena limpia, tierra y otros elementos (Mendoza, 2017).

A finales del siglo XIX, el uso de tapices herbáceos para decorar jardines y zonas verdes adquirió una personalidad propia y fue objeto de investigaciones científicas con la finalidad de comprender en cada paso las especies de plantas introducidas en el césped, sus interrelaciones y los procesos agronómicos para el mantenimiento de las superficies creadas para soporte de los diferentes juegos (Calderón, 2018).

El césped como ecosistema incluye el medio físico, el suelo en sentido amplio, que es el soporte y nutrición de las especies de gramíneas que lo conforman. Las

condiciones del hábitat como: el oxígeno, la luz, el agua, la temperatura y el suelo con recursos de nutrientes, determinan en primer lugar la posibilidad de su existencia como comunidad vegetal. La capacidad del césped para resistir el tránsito humano durante la práctica deportiva depende del estado de la superficie y de la infiltración del agua hacia capas Inferiores, manteniendo así la composición óptima del suelo como medio de sustento y nutrición (Calderón, 2018).

Hay varios pastos que se utilizan como césped de estaciones frías como cálidas, cada uno de ellos tiene características particulares, por lo tanto, la densidad en las mezclas también es variable, los valores normales son de 30 a 50 gr/m², dependiendo de las condiciones, por lo que se puede utilizar mayor densidad a la hora de plantar, por lo que lo normal es elevar la densidad de plantas en zonas con mayores pendientes (Corporación Zulueta, 2021).

El césped Bermuda prospera en lugares con pleno sol directo y buen drenaje. Tiene una tolerancia superior al calor, la sal y la humedad, por lo tanto, el césped *C. dactylon* se adapta bien a climas tropicales, lo que significa que vuelve a crecer cada año en el clima adecuado y crece con mayor actividad desde fines de primavera hasta la época de verano (Seed, 2023), por lo tanto la presente investigación se realizó con el objetivo de evaluar tres densidades de siembra sobre variables de crecimiento y calidad del césped en un área deportiva ubicada Estación Experimental Latitud "0", se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DBCA) con datos cualitativos y cuantitativos para las variables de respuesta establecidas.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Uno de los problemas más notables que se ha presentado en la actualidad es la aplicación de técnicas correctas para el mantenimiento del césped destinado para canchas deportivas, ya que al estar sometido a constantes esfuerzos y condiciones climáticas extremas, sumadas a la mala planificación de la siembra, no logran mantener las condiciones en el tiempo y causa un mayor desgaste (Peterson, 2020).

Las zonas deportivas principalmente se caracterizan por la presencia de condiciones climáticas adversas, con altas temperaturas y fuertes lluvias que afectan en gran medida el desarrollo de las pasturas. Por lo tanto, el mantenimiento de campos deportivos de alta calidad es un aspecto fundamental para el óptimo desarrollo de diversos deportes, el factor principal en la calidad de estas superficies es la salud del césped, el cual depende en gran proporción del manejo adecuado y la nutrición (Marcillo, 2024).

En este contexto, surge la necesidad de establecer la mejor densidad de siembra para el área deportiva ubicada en la Estación Experimental Latitud "0". Debido a que uno de los principales factores a tener en cuenta a la hora de planificar la siembra de césped es determinar la variedad a sembrar, lo cual está influenciada por la cantidad y calidad de nutrientes que aportará al césped, su pH que debe estar en valores promedios y también por la capacidad de drenar el agua (Gonzalo, 2022).

Las áreas deportivas deben estar equipadas con pasturas de calidad para un uso intensivo y mantener una mejor apariencia, el césped es importantes en el desarrollo

de áreas verdes urbanas, por lo que se deben introducir nuevas estrategias de manejo para su adecuado desarrollo (De los Santos, 2023). En el presente estudio se utilizó césped Bermuda (*C. dactylon*) por las características que presenta y que se adapta con facilidad a las condiciones edafoclimáticas del área de estudio.

Menciona Corrales, (2018) la elección del césped dependerá de la aplicación y del área donde se requiere implementar, por lo que se puede utilizar para delimitar un área de deportes y de juegos, el cual debe asegurar resistencia a las pisadas; o puede ser de uso ornamental, su establecimiento añade valor estético al lugar donde se establece, o puede ser un césped rústico para todo tipo de suelos y usos.

En la Estación Experimental Latitud 0, el establecimiento de césped Bermuda (*C. dactylon*) en una área deportiva enfrenta un problema el cual está directamente relacionado con las condiciones climáticas predominantes, caracterizadas principalmente por exceso de humedad, nubosidad frecuente y pocas horas de luz, estos factores representan un desafío para el correcto desarrollo de esta gramínea, afectando su cobertura, crecimiento y calidad, además no se dispone de evidencia técnica que determine que densidad de siembra permite un mejor equilibrio entre desarrollo radicular y biomasa aérea bajo estas condiciones específicas.

1.2.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

- **Variable independiente:** Densidad de siembra del césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) ($g \text{ de semilla} * m^2$).

- **Variable dependiente:** Variables agronómicas del césped Bermuda: altura de planta (cm), largo de raíz (cm), peso de raíz (g), peso de follaje (g) y biomasa total (g).

1.2.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

En el presente ensayo experimental se establecieron preguntas que permitieron obtener los resultados y se plantearon dos hipótesis mediante las cuales se llegaron a las conclusiones y recomendaciones técnicas basándose en los resultados obtenidos en cuanto a la evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0.

¿Cuál es el efecto de diferentes densidades de siembra sobre el crecimiento y desarrollo del césped Bermuda (*C. dactylon*) en un área deportiva?

¿Qué densidad de siembra permite obtener mayor biomasa, cobertura y desarrollo radicular bajo las condiciones edafoclimáticas de la Estación Experimental Latitud “0”?

¿Existen diferencias significativas entre las densidades de siembra evaluadas en las variables agronómicas del césped?

1.3 HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H_0):

Las diferentes densidades de siembra no presentaron diferencias significativas en las variables agronómicas del césped Bermuda.

Hipótesis alternativa (H₁):

Al menos una de las densidades de siembra evaluadas presenta diferencias significativas en las variables agronómicas del césped Bermuda.

1.4 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo general

Evaluar densidades de siembra de césped en área deportiva en la EE Latitud "0", Cojimíes 2025.

1.4.2 Objetivos específicos

- ✓ Determinar el efecto de tres densidades de siembra de semilla (18, 20, 30 y 40 g/m²) sobre las variables de crecimiento del césped Bermuda (*Cynodon dactylon*) en un área deportiva.
- ✓ Comparar el desarrollo de variables agronómicas (altura de planta, largo de raíz, peso de raíz, peso de follaje y biomasa total) entre las diferentes densidades de siembra.
- ✓ Evaluar la influencia de las condiciones edáficas y nutricionales del suelo sobre el crecimiento del césped bajo distintas densidades de siembra durante el periodo experimental.
- ✓ Proponer recomendaciones técnicas de siembra y manejo agronómico de césped Bermuda para áreas deportivas en condiciones de alta precipitaciones con base en los resultados obtenidos.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Un componente esencial de las áreas deportivas es el césped natural, esto influye en la estética del lugar, sin-embargo en varios escenarios deportivos a nivel nacional presentan problemas relacionados a un mal establecimiento del césped, entre ellos es notable la baja cobertura, presencia de arvenses, mal drenaje, superficies irregulares y deficiencias de criterios técnicos para poder determinar una adecuada densidad de siembra.

Los estadios de fútbol son uno de los centros de recreación más importantes para las personas, debido a que el césped natural ha sido el favorito de los deportistas y espectadores porque se cree que funciona mejor con el balón. Lamentablemente la falta de especificaciones técnicas para la correcta instalación del césped y un sistema de drenaje específico ha impedido que varios centros deportivos funcionen correctamente. Es por eso que se han realizado mejoras y actualizaciones en todo el país a través de sistemas de automatización para eliminar estos problemas de mantenimiento y permitir el uso adecuado del campo deportivo (Yáñez, 2019).

La mayor parte de las especies utilizadas para crear césped pertenecen a la familia de las gramíneas. Un total de 1.200 gramíneas reconocidas, hoy en día sólo se utiliza entre 20 y 25 que cumplen con los requisitos necesarios y las reglas establecidas donde implican la formación del césped, la mayoría de las especies se plantan a partir de semillas debido a su menor costo (Laurencena et al., 2009).

Menciona Seed, (2023) el pasto Bermuda es el de más rápido crecimiento de todos los pastos de estación cálida, se propaga a través de tallos aéreos llamados estolones y tallos subterráneos llamados rizomas, su rápido desarrollo dificulta su manejo, pero le permite resistir el uso intensivo. Se recupera del daño mucho más rápido que la mayoría de las gramíneas. Por este motivo, es el césped elegido campos deportivos, zonas de salida y campos de golf. En este mismo contexto De los Santos. (2023) indica que el pasto bermuda presenta rizomas y pequeños tallos, a diferencia del pasto americano que presenta únicamente estolones como medio de desarrollo vegetativo. Esta característica permite a las primeras especies resistir periodos de estrés hídrico y una mejor recuperación ocasionada por daños mecánicos como pisoteos y mantenimiento

En la Estación Experimental Latitud "0", ubicada en Cojimies, el establecimiento de áreas deportivas con césped natural enfrenta diversas limitaciones, asociadas a las condiciones climáticas del lugar, caracterizadas por alta humedad, nubosidad frecuente y variaciones en las horas de luz, estos factores pueden afectar la germinación, el establecimiento y el desarrollo radicular del césped, generando problemas como baja cobertura, compactación del suelo, deficiente uniformidad de la cobertura vegetal. En el presente ensayo experimental se establecieron diferentes densidades de siembra: T0 (18 g/m²), T1 (20 g/m²), T2 (30 g/m²) y T3 (40 g/m²), utilizando semillas certificadas con el fin de mejorar la cobertura del terreno deportivo y promover prácticas agronómicas más eficientes. La evaluación de distintas densidades permite determinar la biomasa y desarrollo en general, además el estudio *C. dactylon* bajo diferentes densidades de siembra resulta relevante

porque esta especie es generalmente utilizada en áreas deportivas por su resistencia al pisoteo, rápida recuperación y adaptación a climas tropicales.

1.6 MARCO TEÒRICO

1.6.1 Antecedentes

Laurencena et al. (2009) mencionan que es importante conocer las gramíneas con un periodo corto desde la germinación hasta el establecimiento y crecimiento vegetativo latente, que posean una textura fina, buen comportamiento y color especialmente en climas tropicales húmedos o templados cálidos donde las gramíneas forman la base del pasto, pero están latentes en invierno. Por ello, realizaron un experimento para identificar el comportamiento de *C. dactylon* (Bermuda) comercializados con fines ornamentales y deportivos en el Departamento de Paraná (Entre Ríos, Argentina). Se evaluaron cobertura, color, latencia, regeneración, textura y respuesta al fertilizante en dos tratamientos: con y sin drenaje, con cuatro repeticiones, el diseño experimental fue de parcelas pareadas, no hubo diferencias entre los pastos bermuda evaluados, y todos tuvieron alta cobertura, textura fina, color verde medio, latencia a baja temperatura.

En combinación con lo anterior, Purnell, (2024) describió que el césped bermuda es una variedad de alta calidad con excelente resistencia a la sequía, la sal y el desgaste, se propaga rápidamente mediante estolones (tallos aéreos), raíces y semillas, y posee un sistema radicular profundo pero su principal inconveniente es que requiere mucho mantenimiento.

Menciona Marcillo, (2024) se debe mantener siempre la calidad de los campos deportivos, por lo cual realizó un ensayo sobre *C. Dactylon* en el Complejo Deportivo D13 vía Chamanga-Pedernales, donde desarrolló un plan de pruebas controladas, analizando variables como tasa de desarrollo, densidad del césped, profundidad del sistema radicular, color y resistencia a la abrasión. Los resultados de este estudio aportaron con información valiosa para la gestión sostenible de los campos deportivos, ayudando a mejorar la calidad de las áreas deportivas y minimizar el impacto ambiental de las actividades agrícolas.

1.7 Bases Teóricas

1.7.1 Césped Bermuda

Trenholm et al. (2024) describe el pasto Bermuda (*C. spp.*) como una de las especies de macrocésped más empeladas, las variedades mejoradas de pasto Bermuda microtexturizado se utilizan en campos de golf, campos deportivos y en paisajes comerciales y residenciales que requieren coberturas de suelo densas y finas. Estas especies suelen ser híbridos entre el pasto Bermuda común (*C. dactylon*) y el pasto Bermuda africano (*C. transvaalensis*); estas variedades poseen hojas gruesas y carecen de la calidad visual de las variedades de textura más fina.

Mencionan Huezé et al. (2015) que *Cynodon spp.* es una especie mayormente utilizada, aquellas que poseen textura delgada son empleadas en áreas deportivas, campos de golf y en decoración de paisajes donde se debe utilizar un pasto de características finas que tenga la capacidad de cobertura total, en ocasiones se utilizan variedades mejoradas como *C. dactylon* y grama de Bermuda africana (*C.*

transvaalensis); estas variedades poseen hojas más gruesas y normalmente no tienen la calidad visual de las variedades de textura fina.

En este mismo contexto, Heuzé et al., (2015) menciona que la grama Bermuda es una hierba tropical importante que se localiza en los trópicos y subtrópicos y es resistente a la sequía y al pisoteo intensivo, lo que la hace especial como alimento para el ganado. También se puede utilizar para corte, transporte, heno y forraje: su contenido nutricional es moderado y se han desarrollado variedades e híbridos para diferentes condiciones de cultivo.

1.7.2 Taxonomía del césped Bermuda

Tabla 1. Taxonomía del *C. dactylon* (L.) Pers

Nombre científico	<i>C. dactylon</i> (L.) Pers.
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Poales</i>
Familia	<i>Poaceae</i>
Subfamilia	<i>Chloridoideae</i>
Género	<i>Cynodon</i>
Especie	<i>Cynodon dactylon</i>

Nota: Taxonomía de Pasto bermuda o grama (*C. dactylon* obtenido de (EcuRed, 2012).

1.7.3 *Morfología del césped Bermuda*

Mencionan Hernández & Amaya, (2025) el pasto Bermuda es una gramínea perteneciente a la familia de las Poaceae a continuación se describe su morfología:

- ✓ **Hojas:** Verde grisáceo y cortas, de 4 a 15 cm de largo con fuertes bordes membranosos; vainas entre 1.5 a 7 cm de longitud, son más pequeñas que los entrenudos, membranosas, ciliadas, de 0,2 a 0,3 mm de largo, a veces peludas por detrás, hojas que van desde los 0.5 cm hasta los 6.5 cm de longitud, con un ancho de 3.5 cm con pequeñas vellosidades.
- ✓ **Tallos:** Pueden ser erectos o decaídos llegan a medir entre 1 a 30 centímetros, en algunos casos llegan a los 90 centímetros, además son un poco planos y presentan coloraciones moradas en algunas ocasiones.
- ✓ Son erectos o postrados, pueden tener de 1 a 30 cm (raramente hasta 90 cm) de altura, son ligeramente aplanados, a veces con manchas moradas.
- ✓ **Inflorescencias:** Tienen entre tres y seis espigas entre 1.5 a 6 cm de longitud, las espigas de 2 a 3 mm de largo, adheridas a las espigas y poco profundas, de color verde púrpura, lima de 1 a 3 mm de largo, glabras, la primera en forma de hoz, la segunda lanceolada; Lemma de 2 a 3 mm de largo, fuertemente plegada y plegada, a veces con un micro corte, pálida lisa, tan larga como la lema o ligeramente más corta que ésta.
- ✓ **Sistema radicular:** Profundo en sequías con un perfil de suelo permeable,

las raíces pueden llegar a tener más de 2 m de profundidad, aunque la mayor parte de la masa de raíces está a menos de 60 cm por debajo de la superficie y los tallos se arrastran por el suelo y de los nudos emergen nuevas raíces, formando densos grupos.

- ✓ **Reproducción:** Esta especie se reproduce por semillas, semillas y rizomas. El rebrote y crecimiento inician a temperaturas superiores a los 15 °C, la temperatura óptima es entre 24 y 37 °C; En invierno, la hierba se seca completamente al aire, permanece inactiva y adquiere un color marrón beige.

1.7.4 Características

Menciona Corporación Zulueta, (2021) el pasto Bermuda posee las siguientes características:

- ✓ Césped de estación cálida.
- ✓ Requiere pleno sol, no tolera la sombra.
- ✓ Adecuado para zonas que se encuentran al sur de la zona mediterránea.
- ✓ Crecen bien en temporadas soleadas, resisten el pisoteo continuo y se pueden desarrollar en suelos deficientes de nutrientes.
- ✓ Requiere de fertilizantes y de mantenimiento.
- ✓ Cuando bajan las temperaturas pierde color y se torna de color marrón.
- ✓ Necesita 18°C de temperatura en el suelo para germinar.

1.7.5 Tipos

Describe Purnell, (2024) los siguientes tipos de césped Bermuda, son empleados en jardines y áreas deportivas.

- ✓ **Bermuda común:** *C. dactylon* es una variedad de pasto Bermuda utilizada tradicionalmente a partir de semillas. Sus variedades tienen hojas de color verde claro con textura densa. Aunque este pasto puede producir pasto de alta calidad, la mejora genética da como resultado una textura de hojas más fina, un color más oscuro y una mayor densidad.
- ✓ **Bermuda común mejorada:** La bermuda común mejorada es de un verde más oscuro, tiene raíces más profundas, una textura media-fina y es moderadamente más densa que la bermuda común. Este tipo de bermuda crece bien en *roughs* y *fairways* de campos de golf, parques, jardines residenciales y campos deportivos, un problema constante para las variedades mejoradas de bermuda es la posibilidad de que vuelvan a sus progenitores genéticos y pierdan sus características mejoradas.
- ✓ **Césped bermuda híbrido:** La mayoría de los híbridos de bermuda más populares son un cruce entre la bermuda común (*C. dactylon*) y la bermuda africana (*C. transvaalensis*), las variedades híbridas de bermuda son estériles, lo que significa que deben establecerse mediante la siembra directa, la colocación de tepes o la propagación por esquejes. Estas variedades se utilizan habitualmente en campos deportivos, campos de golf y céspedes que requieren un mantenimiento intensivo.

1.7.6 Condiciones requeridas del césped Bermuda

Menciona Turfgrass, (2025) que el pasto bermuda requiere de altas temperaturas, tolera la sequía y prefiere suelos ácidos a neutros a continuación, se describen las condiciones que requiere para un desarrollo adecuado:

- ✓ El pasto Bermuda es tolerante a la sequía, pero requiere riego regular durante los períodos secos, especialmente durante su período de crecimiento activo.

- ✓ En cuanto al suelo, el pasto Bermuda se desarrolla mejor en suelos ligeramente ácidos a neutros (pH de 6,0 a 7,0), los suelos arenosos y francos son ideales para este tipo de pasto ya que proporcionan un buen drenaje, lo que previene la pudrición de las raíces y si el suelo tiende a ser arcilloso, es posible que deba mejorar su drenaje aireándolo y añadiendo materia orgánica.

1.7.7 Cualidades de los céspedes de campos deportivos

El pasto Bermuda produce un césped vigoroso, denso y de color verde medio oscuro que se adapta bien a la mayoría de los suelos y climas. Tiene una buena tolerancia al pisoteo, la sequía y la salinidad y también puede soportar bajas temperaturas cuando está en estado de latencia. Se establece muy rápido y supera a la mayoría de las arvenses, por lo que se puede propagar mediante piezas cuadradas o rectangulares o se pueden obtener semillas de algunas variedades

mejoradas, por lo que es una de las mejores opciones en situaciones donde no se dispone de riego (Trenholm et al., 2024).

El pasto Bermuda es especialmente adecuado para climas cálidos y secos, aunque requiere riego regular y suelo constantemente húmedo durante la siembra; Además, es resistente a enfermedades fúngicas, por lo que es la solución perfecta para aquellos que requieren de un pasto verde y sano y que no les genere problemas, por lo tanto, su durabilidad les permite minimizar los requerimientos de fertilizantes químicos, haciendo su fácil mantenimiento y natural. También es fácil de cuidar, requiere corte regular y fertilización con nitrógeno durante la estación cálida, tiene una tasa de crecimiento rápida y se establece rápidamente para que pueda crear un césped denso en poco tiempo (Rainer, 2024).

1.7.8 Densidad de siembra

La densidad de siembra es un factor importante que influye significativamente en el rendimiento y la calidad de los cultivos, se refiere al número de plantas por unidad de área, típicamente medido en plantas por hectárea. Para determinar la densidad óptima de siembra se debe considerar varios factores, como el tamaño de la planta y su hábito de crecimiento, la fertilidad del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, y las condiciones ambientales y climáticas (Sela, 2023).

Por lo general, la densidad de siembra para pasturas recomendada cuando se utiliza sistema de siembra convencional es de 8 kg de semilla por hectárea y para el sistema de siembra directa lo recomendado es 10 kg de semilla por hectárea,

además, la profundidad de siembra no debe ser mayor a 1 cm y varía en función de la especie por lo que la profundidad se define por el tamaño de la semilla (Pamies et al., 2022).

Tabla 2. *Densidad de siembra*

Siembras Nuevas	1.5 – 2 kg / 100m, 150 – 200 kg / hectárea
Resiembras / Intersiembras	0.50 a 1.00 kg / 100m, 50 – 100 kg / hectárea
Germinación	7 – 10 días
Primer corte	21 días, dependiendo del uso

Nota. Densidades de siembra de césped de acuerdo a la etapa del cultivo, obtenido de (Carperseed, 2025)

1.7.9 Métodos de propagación

El método más común y económico de propagación del pasto bermuda es la propagación mediante esquejes, que se cosechan mecánicamente en áreas grandes o a mano en áreas pequeñas. Las ramas están formadas por rizomas y estolones que poseen al menos dos nudos o uniones y se extienden a razón de 200 a 400 bushels por acre, o de 5 a 10 bushels por 1000 pies cuadrados, y luego deben presionarse contra el suelo. Este método es más barato que propagar con parcelas cuadradas o rectangulares, pero no proporciona la cobertura instantánea que proporcionan las parcelas (Trenholm et al., 2024).

En el mismo contexto Trenholm et al. (2024) menciona que la extensión con piezas cuadradas o rectangulares produce una superficie inmediata cubierta de pasto; las piezas deben colocarse sobre tierra desnuda previamente humedecida; y

se deben colocar por tramos como si se tratasen de bloques para evitar agujeros. El césped se debe aflojar y regar para asegurar un buen contacto con el suelo y estimular el desarrollo de las raíces, y se debe regar dos o más veces al día con $\frac{1}{4}$ de pulgada de agua hasta que las raíces se hayan establecido en el suelo. Después del establecimiento de un buen sistema radicular, se reducirá la frecuencia de riego y se aumentará o cambiará el tiempo de riego según los requerimientos del césped.

Existen varios métodos de siembra eficaces para sembrar pastos de granos pequeños en pasturas establecidas, por lo que, una sembradora directa en buen estado es el mejor método para asegurar un buen contacto entre la semilla y el suelo y una emergencia uniforme. Idealmente, una sembradora para sembrar granos pequeños debe tener una distancia entre hileras de 7.5 pulgadas o menos, proporcionar suficiente fuerza descendente para asegurar una colocación precisa de las semillas en suelos duros, y tener ruedas de cierre conectadas a los abridores de discos (Warren & Jeff, 2017).

1.7.10 Fertilización

El fertilizante debe aplicarse desde mediados de primavera hasta mediados de verano con hasta 1.3 kg de nitrógeno por cada 93 m² al año, por lo tanto, nunca aplique más de 450 g de nitrógeno por cada 93 m² por aplicación. El nitrógeno acelera el crecimiento del césped Bermuda, por lo que puede ser recomendable

aplicar dosis más bajas y siga las recomendaciones del análisis de suelo para una fertilidad adecuada (Centro Agrícola de la Universidad Estatal de Luisiana, 2025).

CAPITULO II

2. METODOLOGÍA

2.1 Métodos de investigación

En el presente trabajo de investigación teórico-práctico se empleó un enfoque metodológico experimental con orientación cuantitativa y cualitativa. Para ello, se establecieron tres densidades de siembra de césped Bermuda en un área deportiva de la Estación Experimental Latitud 0, manipulando variables independientes (densidades de siembra) y evaluando su efecto sobre diversas variables de respuesta.

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software Minitab, aplicando pruebas inferenciales acordes a la naturaleza de los datos. En primer lugar, para aquellas variables que cumplieron los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, se utilizó el Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA), lo que permitió comparar los tratamientos bajo un enfoque paramétrico. Sin embargo, dado que algunas variables no presentaron parametría, fue necesario recurrir a una prueba no paramétrica; en este caso, se aplicó el estadístico de Kruskal-Wallis, adecuado para la comparación de medianas entre tratamientos cuando no se cumplen los supuestos del análisis paramétrico.

De este modo, la combinación de pruebas paramétricas y no paramétricas garantizó un análisis riguroso y coherente con las características de los datos, permitiendo determinar con solidez estadística la existencia o no de diferencias significativas entre los tratamientos y, en consecuencia, aportar evidencia confiable para la resolución de la problemática planteada.

2.1.1 Localización y duración del ensayo

La investigación se realizó en la época lluviosa del año 2025, en la estación Experimental Latitud "0", ubicada en el sitio Nueva Unión de la parroquia Cojimies del cantón Pedernales, situada geográficamente a las coordenadas UTM 17 N a Latitud 624405 y Longitud 10027896. La investigación se desarrolló desde el mes de octubre de 2025 hasta el mes de diciembre de 2025 con una duración tres de meses.

Gráfico 1. Ubicación del ensayo



Fuente: (Google Earth, 2020)

2.1.2 Características climáticas

Tabla 3. Características climáticas del área de estudio

Características	
Precipitación Medio Anual	800–3 000 mm/año
Temperatura promedio Anual	18–36 °C
Humedad Relativa Anual	82,23 %
Heliofanía Anual	1070,3 (horas/sol)
Evaporación	1433,7 mm

Nota. Características climáticas del are de estudio descritas por (Cercado, 2022)

2.2 TÉCNICAS Y MÉTODOS APLICADOS EN EL ENSAYO EXPERIMENTAL

2.2.1 MÉTODOS APLICADOS EN EL ENSAYO

El presente ensayo experimental de carácter descriptivo con un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de campo, en el que se evaluaron tres densidades de siembra de césped Bermuda bajo un diseño de bloques completamente al azar, se aplicaron métodos como la observación directa y varias técnicas para la obtención de resultados, alternando diferentes bloques y números de tratamientos para un mayor alcance dentro de la investigación, los datos obtenidos de las variables en estudio fueron analizados a través del software estadístico MINITAB, mediante análisis de varianza ANOVA para medir diferencias entre tratamientos y Prueba de Tukey ($p \leq 0.05$) para comparación de medias por medio de un modelo lineal general.

2.3 Técnicas de investigación

Las técnicas que se utilizaron en el presente ensayo de carácter experimental, se establecieron bajo criterios técnicos y científicos, donde se evaluó las variables de respuesta: (Altura de planta (cm), largo de raíz (cm), peso de raíz (g), peso de follaje (g) y peso de biomasa (g), para la obtención de datos de la parte cuantitativa y se realizó obtuvo información de libros, informes y artículos de revistas científicas para la parte cualitativa de la investigación.

2.4 Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación es de carácter experimental de campo, cualitativa y cuantitativa donde el análisis de información se realizó por medio de revisiones de trabajos experimental como ensayos, libros, artículos de revistas e informes de carácter científico donde se obtuvo información relevante referente al tema de estudio y los datos numéricos se recopilaron y posteriormente fueron tabulados y analizados por medio del software estadístico MINITAB presentando gráficos de residuos y gráficos de efectos principales para las variables de respuesta.

2.4.1 Diseño del ensayo experimental

Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar (DBCA), dando como resultado tres tratamientos y un testigo, para las comparaciones de rangos múltiples de promedios se utilizó un modelo lineal general con evaluación de Tukey con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

Tabla 4. Estructura de los tratamientos de densidades de siembra de césped Bermuda (*C. dactylon*)

Tratamientos	Descripción
T0 (testigo)	18 g semillas/m ²
T1	20 g semillas/m ²
T2	30 g semillas/m ²
T3	40 g semillas/m ²

Nota. Se presenta la estructura de los tratamientos de densidades de siembra de césped Bermuda (*C. dactylon*), elaborado por Autor (Rosado, 2025)

2.5 DISEÑO Y UNIDAD EXPERIMENTAL

Gráfico 2. Diseño en campo



Nota. Diseño en campo de los tratamientos establecidos, elaborado por Autor (Rosado, 2025)

2.5.1 Características generales de la parcela experimental

Tabla 5. Características de la parcela experimental

<i>Ítems</i>	<i>Valores</i>
Número de repeticiones	3
Número de tratamientos	4
Número de total de parcelas	12
Distanciamientos entre repeticiones	1,5 m
Siembra	Directa
Longitud de parcela	25 m
Ancho de parcela	15 m
Forma de la parcela	Rectangular
Área de la parcela (25 m x 15 m)	375 m ²
Área del ensayo (375 m ² x 12 parcelas)	4500 m ²

Nota. Tabla con las características de la parcela experimentales elaborado por Autor (Rosado, 2025)

2.5.2 Análisis de Variancia

Tabla 6. Esquema del Análisis de la Varianza

FUENTE DE VARIACIÓN	FORMULA	G.L.
Tratamientos	(t-1)	3
Repetición	(r-1)	2
Error	(r-1) (t-1)	6
Total	r.t-1	11
r = número de repeticiones		Donde; r = 3

t = número de tratamientos

t = 4

2.5.3 Análisis Funcional.

Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la Prueba de Rangos Múltiple de Tukey al 5% de probabilidad y a continuación se describe el modelo matemático utilizado:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_j + \tau_i + \epsilon_{ij}$$

Y_{ij} = Resultado de una unidad experimental

μ = Media o promedio general

β_j = Efecto de bloques

τ_i = Efecto de tratamientos

ϵ_{ij} = Error unidad experimental

2.6 Materiales y Equipos

En la presente investigación se utilizaron los siguientes descritos a continuación:

Tabla 7. *Materiales*

1 libra de pasto Bermuda Pro

Fertilizante (Pastofert)

Gramera

Gramera

Libreta de apuntes

Cuchara plástica para medir

Regla

Cinta de precaución

Pala

Carreta

Tira de madera

Caña

Machete

Bomba de fumigación

Recipientes plásticos (vaso, tarrina)

Nota. Tabla de materiales y equipos utilizados en el ensayo elaborado por Autor (Rosado, 2025)

2.7 Variables de respuesta

2.7.1 Variable independiente

Evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0.

2.7.2 Variables dependientes

En el presente ensayo de investigación se evaluaron las siguientes variables las cuales fueron: (Altura de planta (cm), largo de raíz (cm), peso de raíz (g), peso de follaje (g) y peso de biomasa (g).

2.8 Manejo del experimento

2.8.1 Preparación del terreno: se realizó un análisis del suelo y posteriormente, el terreno se preparó haciendo una limpieza de malezas después de nivelado.

2.8.2 Semilla: Se utilizaron semillas certificadas de césped Bermuda Pro.

2.8.3 siembra: Se realizó de forma manual siguiendo los tratamientos de siembra establecidos con las densidades a evaluar: (Testigo 0. 18 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla).

2.8.4 Control de malezas: Se realizaron dos limpiezas manuales (machete) a los 15 y 45 días de cultivos.

2.9 Datos tomados y métodos de evaluación

2.9.1 Altura de planta antes del corte (cm)

Se midió la altura de las plantas al finalizar el ensayo; para esta medida se utilizó una regla en centímetros, desde el suelo hasta el ápice de la planta.

2.9.2 Peso de biomasa (g)

Se seleccionaron las zonas a evaluar de cada parcela experimental, después se cortó el césped a nivel del suelo y este material fue recolectado en bolsas plásticas previamente etiquetadas por tratamiento (Testigo 0. 15 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla), después se llevó a la balanza para registrar el peso en gramo de cada tratamiento para el posterior análisis de datos.

2.9.3 *Peso del follaje (g)*

Se midió el peso del follaje de las plantas de césped a los 56 días; tomadas al azar de cada tratamiento (Testigo 0. 15 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. g/m² de semilla), de las parcelas del área útil de un metro cuadrado de cada tratamiento.

2.9.4 *Largo de raíz en (cm)*

Para medir el largo de raíz en cm, se eligieron las parcelas experimentales de donde se tomaron las muestras, después se extrajo con un cuchillo un bloque de suelo de 8 x 8 cm y una profundidad aproximada de 15 cm, posterior a ello los bloques fueron colocados en un recipiente con agua de acuerdo a los tratamientos establecidos, este paso fue fundamental porque permitió retirar de manera fácil toda la tierra de las raíces, después las raíces fueron colocadas sobre una mesa donde se estiraron y fueron medidas con una regla desde la base del césped hasta la punta de la raíz.

2.9.5 *Peso de raíces (g)*

Se midió el peso las de raíces de césped a los 56 días; tomadas al azar de cada parcela experimental de un metro cuadrado de cada tratamiento, (Testigo 0. 18 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla), las raíces fueron pesadas en gramo utilizando una balanza.

CAPITULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultado de métodos y técnicas de investigación

3.1.1 Comprobación de hipótesis o contestación a las preguntas de investigación

Después de realizar el respectivo análisis de datos de las variables evaluadas sometidas por medio de análisis de varianza y prueba de Tukey al 5%, por medio de un modelo lineal general y prueba de Kruskal-Wallis, los resultados estadísticos no evidenciaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre las densidades de siembra evaluadas sobre las variables de crecimiento del césped Bermuda. No obstante, se observaron tendencias agronómicas favorables en las densidades intermedias (20 y 30 g/m²), lo que sugiere un comportamiento diferencial que podría confirmarse con un mayor tamaño muestral o un período de evaluación más prolongado.

3.2 Resultados de las variables evaluadas

3.2.1 Determinar el efecto de tres densidades de siembra de semilla (18, 20, 30 y 40 g/m²) sobre las variables de crecimiento del césped Bermuda (C. dactylon) en un área deportiva y comparar el desarrollo de variables agronómicas (altura de planta, largo de raíz, peso de raíz, peso de follaje y biomasa total) entre las diferentes densidades de siembra

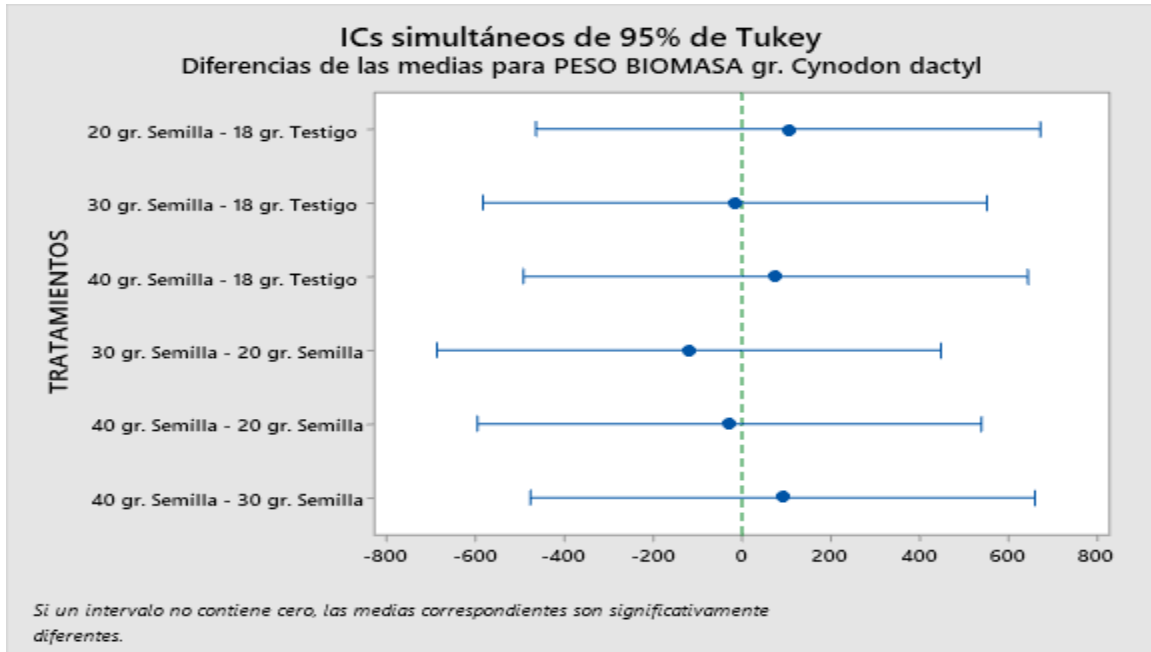
Tabla 8. Modelo lineal general: PESO BIOMASA gr. *Cynodon dactyl* vs. TRATAMIENTOS; BLOQUE

Sección	Término / Comparación	Coef. / Dif. medias	EE	IC simultáneo 95%	Valor t	Valor p (ajustado)	Agrupación
Modelo	Constante	496,1	57,8	—	8,58	0,000	—
Modelo	18 gr. Testigo	-41,0	100	—	-0,41	0,696	A
Modelo	20 gr. Semilla	63,0	100	—	0,63	0,553	A
Modelo	30 gr. Semilla	-57,0	100	—	-0,57	0,592	A
Modelo	Bloque 1	141,4	81,8	—	1,73	0,135	
Modelo	Bloque 2	-39,2	81,8	—	-0,48	0,648	
Comparación	20 gr. Semilla – 18 gr. Testigo	104	164	(-463; 671)	0,64	0,917	—
Comparación	30 gr. Semilla – 18 gr. Testigo	-15	164	(-582; 551)	-0,09	1,000	—
Comparación	40 gr. Semilla – 18 gr. Testigo	76	164	(-491; 643)	0,46	0,964	—
Comparación	30 gr. Semilla – 20 gr. Semilla	-119	164	(-686; 447)	-0,73	0,882	—
Comparación	40 gr. Semilla – 20 gr. Semilla	-28	164	(-595; 539)	-0,17	0,998	—
Comparación	40 gr. Semilla – 30 gr. Semilla	91	164	(-475; 658)	0,56	0,941	—

El modelo lineal ajustado no evidenció efectos estadísticamente significativos de los tratamientos sobre la variable peso de biomasa ($p > 0,05$). De igual manera, el factor bloque no mostró influencia significativa, las comparaciones múltiples entre tratamientos confirmaron estos resultados, dado que todos los contrastes presentaron valores de p ajustados superiores a 0,05 y los intervalos de confianza simultáneos al 95% incluyeron el valor cero en todos los casos. Asimismo, el análisis de agrupación de medias situó a todos los tratamientos en un mismo grupo homogéneo, reforzando la ausencia de diferencias estadísticas entre las dosis evaluadas.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los tratamientos de semilla ($p < 0.05$), lo que sugiere que la dosis afecta la respuesta estudiada. Además, el efecto de los bloques fue significativo ($p < 0.05$), indicando que la variación entre bloques influye en los resultados y que su uso en el diseño mejoró la precisión del experimento, donde hay cuatro tratamientos específicos que se está comparando: uno es el control (18 g, testigo) y los otros tres son diferentes dosis de semilla (20 g, 30 g, 40 g).

Gráfico 3. Diferencia de las medias para peso de biomasa en gr



En el gráfico 3. Se presenta las diferencias de medias para el peso en (g) de la biomasa de *C. dactylon*, obtenido por medio de las comparaciones de Tukey realizadas al 95%, cada intervalo representa las diferencias de las medias de los tratamientos aplicados (18, 20, 30 y 40 g), los resultados obtenidos muestran que existe diferencia entre las medias, pero no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el peso de biomasa entre los tratamientos analizados.

Tabla 9. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE

Sección	Comparación / Nivel	Media	Diferencia de medias	IC simultáneo 95%	Valor t	Valor p (ajustado)	Agrupación
Medias	Bloque 1	637,5	—	—	—	0,135	A
	Bloque 2	456,9	—	—	—	0,648	A

	Bloque 3	394,0	—	—	—	0,523	A
Comparaciones	2 - 1	—	-181	(-615; 254)	-1,28	0,457	—
	3 - 1	—	-243	(-678; 191)	-1,72	0,274	—
	3 - 2	—	-63	(-497; 372)	-0,44	0,899	—

El análisis de comparaciones múltiples de Tukey indicó que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los bloques (p ajustado $> 0,05$ en todas las comparaciones). Los intervalos de confianza simultáneos al 95% confirman la ausencia de diferencias significativas entre medias. La agrupación homogénea (A) asignada a los tres bloques refuerza este resultado, evidenciando que, aunque descriptivamente el Bloque 1 presentó la media más alta (637,5) y el Bloque 3 la más baja (394,0), dichas diferencias no son estadísticamente significativas.

3.2.2 Prueba de Kruskal-Wallis: PESO RAIZ gr. *Cynodon dactylon* vs. TRATAMIENTOS

Tabla 10. Estadísticas descriptivas

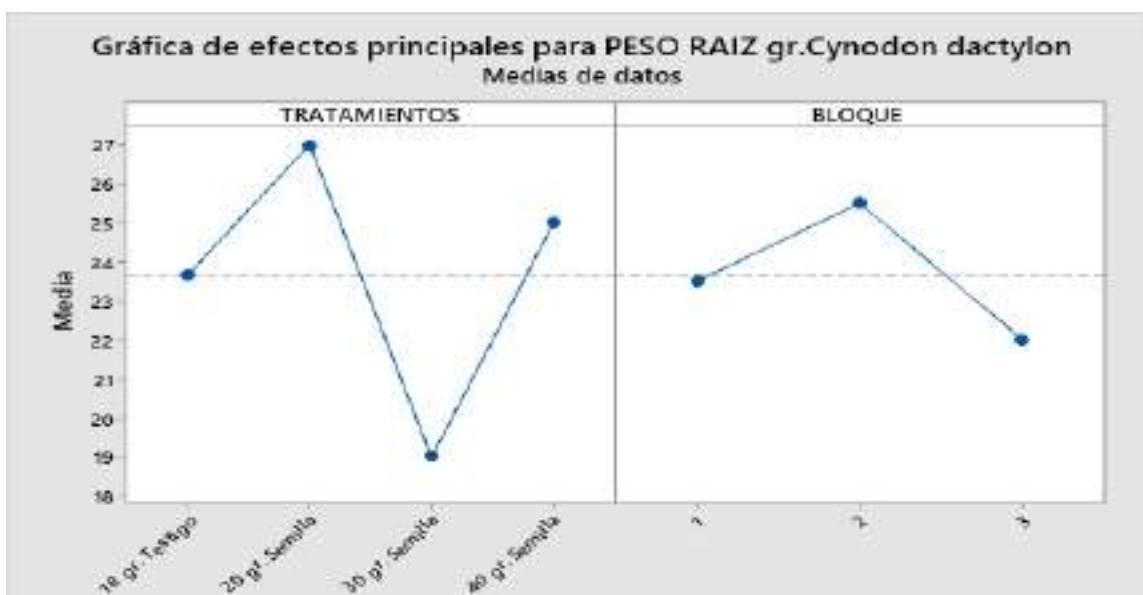
TRATAMIENTOS	N	Mediana	Clasificación de medias	Valor Z
18 gr. Testigo	3	23	5,0	-0,83
20 gr. Semilla	3	27	10,3	2,13
30 gr. Semilla	3	19	2,8	-2,03
40 gr. Semilla	3	25	7,8	0,74
General	12		6,5	

Tabla 11. Prueba

Método	GL	Valor H	Valor p
No ajustado para empates	3	7,42	0,060
Ajustado para empates	3	7,58	0,055

La prueba de Kruskal–Wallis no evidencian diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0,05$), pero se observó una tendencia favorable del tratamiento de 20 g de semilla sobre el peso de raíz de *C. dactylon*. Estas diferencias podrían hacerse estadísticamente detectables con un mayor tamaño muestral.

Gráfico 4. Gráfica de efectos principales para peso raíz gr. *Cynodon dactylon*



En el gráfico 4. De efectos principales para peso de raíz en (g) de pasto Bermuda *C. dactylon*, se presentan las medias generales los factores tratamientos (Testigo. 15 g/m² semilla, T1. 20g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla) y los bloques (1,2, y 3), se puede observar que existe una variación en el peso de la raíz, por lo que el tratamiento T1. 20 g/m² y T3. 40 g/m² de semilla presentaron el mayor promedio en cuanto a la variable peso de raíz, a diferencia del

Testigo 18 g/m² de semilla y el tratamiento T2. 30 g/m² de semillas que registran valores bajos. En cuanto a los bloques establecidos dentro del ensayo experimental se presenta el mayor peso de raíz en el bloque 2.

Tabla 12. Modelo lineal general: Peso de follaje gr. *Cynodon dac* vs. Tratamientos; Bloque

Sección	Fuente / Término	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valo r F	Valo r t	Valor p	Coef.
ANOVA	tratamientos	3	94,56	31,52	0,12	—	0,948	—
	bloque	2	50,04	25,02	0,09	—	0,914	—
	Error	6	1636,13	272,69	—	—	—	—
	Total	11	1780,73	—	—	—	—	—
Factores	tratamientos							
	bloque							
Coeficien tes	Constante	—	—	—	—	7,49	0,000	35,71
	18 gr. Testigo	—	—	—	—	0,44	0,676	3,63
	20 gr. Semilla	—	—	—	—	0,10	0,927	0,79
	30 gr. Semilla	—	—	—	—	- 0,03	0,981	-0,21
	Bloque 1	—	—	—	—	- 0,01	0,991	-0,08
	BLOQUE 2	—	—	—	—	0,38	0,719	2,54

El análisis de varianza no mostró efectos significativos ni para TRATAMIENTOS (F = 0,12; p = 0,948) ni para BLOQUE (F = 0,09; p = 0,914), indicando ausencia de diferencias estadísticas entre niveles de ambos factores. Los coeficientes individuales del modelo tampoco resultaron significativos (p > 0,05), lo que confirma

la falta de efecto de las dosis evaluadas y de los bloques sobre la variable respuesta, en conjunto, bajo las condiciones experimentales estudiadas, no se detectó efecto significativo de los tratamientos ni del bloqueo.

Tabla 13. *Coefficientes*

Término	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante	35,71	4,77	7,49	0,000	
TRATAMIENTOS					
18 gr. Testigo	3,63	8,26	0,44	0,676	1,50
20 gr. Semilla	0,79	8,26	0,10	0,927	1,50
30 gr. Semilla	-0,21	8,26	-0,03	0,981	1,50
BLOQUE					
1	-0,08	6,74	-0,01	0,991	1,33
2	2,54	6,74	0,38	0,719	1,33

La constante representa el valor estimado promedio de la variable respuesta cuando todos los predictores (tratamientos y bloques) están en su nivel de referencia, es estadísticamente significativa ($p < 0,001$), lo que indica que el modelo correctamente estima un valor base de la variable.

Tabla 14. *Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias*

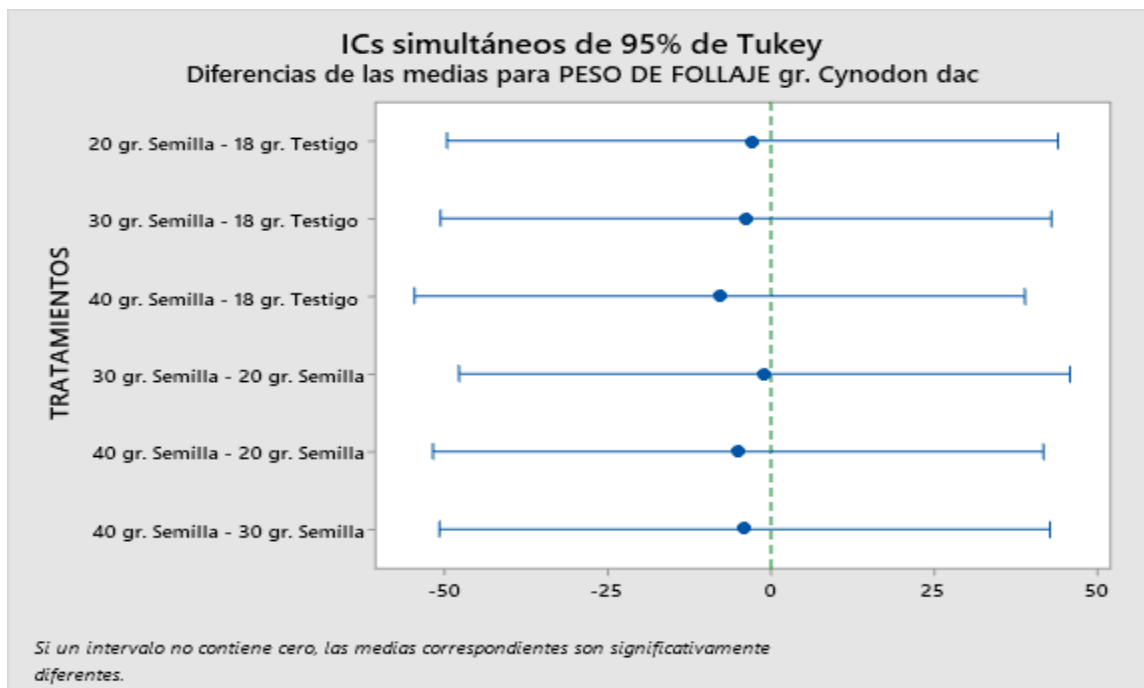
Diferencia de TRATAMIENTOS niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
20 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-2,8	13,5	(-49,5; 43,9)	-0,21	0,996
30 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-3,8	13,5	(-50,5; 42,9)	-0,28	0,991
40 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-7,8	13,5	(-54,5; 38,9)	-0,58	0,934

30 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	-1,0	13,5	(-47,7; 45,7)	-0,07	1,000
40 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	-5,0	13,5	(-51,7; 41,7)	-0,37	0,981
40 gr. Semilla - 30 gr. Semilla	-4,0	13,5	(-50,7; 42,7)	-0,30	0,990

Nivel de confianza individual = 98,66%

Los valores de p valor indican que ninguna diferencia entre tratamientos es estadísticamente significativa al nivel de confianza del 95% ajustado para comparaciones múltiples, los intervalos de confianza incluyen cero en todos los casos.

Gráfico 5. Diferencias de medias para peso de follaje en gr



En el gráfico 5. Se presenta las diferencias de medias para el peso en (g) del follaje de *C. dactylon*, obtenido por medio de las comparaciones de Tukey realizadas al 95%, cada intervalo representa las diferencias de las medias de los tratamientos

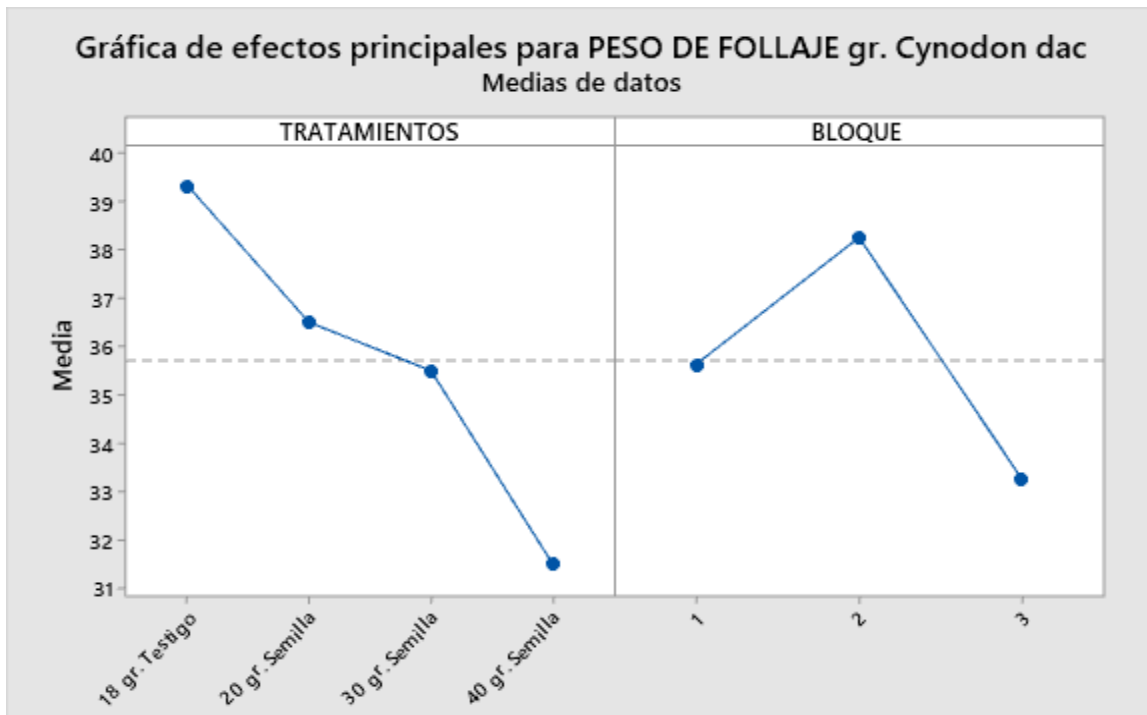
aplicados (18, 20, 30 y 40 g/m²), los resultados obtenidos muestran que existe diferencia entre las medias, pero no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) en el peso del follaje entre los tratamientos analizados.

Tabla 15. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE y diferencia de las medias

Sección	Bloque / Comparación	Media	Agrupación	Diferencia de medias	IC simultáneo 95%	Valor p
Medias	Bloque 2	38,250	A	—	—	—
	Bloque 1	35,625	A	—	—	—
	Bloque 3	33,250	A	—	—	—
Comparaciones Tukey	2 - 1	—	—	2,6	(-33,2; 38,5)	0,973
	3 - 1	—	—	-2,4	(-38,2; 33,5)	0,978
	3 - 2	—	—	-5,0	(-40,8; 30,8)	0,905

Todas las medias de los bloques (Bloque 1, 2 y 3) comparten la misma letra, indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Las comparaciones por parejas mediante Tukey confirman este resultado, ya que todos los valores p ajustados son mayores a 0,05 y los intervalos de confianza simultáneos al 95% incluyen el valor cero. En consecuencia, bajo las condiciones experimentales evaluadas, el factor bloque no tuvo un efecto significativo sobre la variable respuesta, y la variabilidad observada entre bloques es mínima en comparación con la variabilidad total del experimento.

Gráfico 6. Gráfica de efectos principales para peso de follaje gr. *C. dactylon*



En el gráfico 6. De efectos principales para peso de follaje en (g) de pasto Bermuda *C. dactylon*, se presentan las medias generales los factores tratamientos (Testigo. 18 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla) y los bloques (1,2, y 3), se puede observar que existe una variación en el peso del follaje, por lo que el tratamiento T0. 18 g/m² y T1. 20 g/m² de semilla de pasto presentaron el mayor promedio en cuanto a la variable peso de follaje, a diferencia del T2. 30 g/m² y T3. 40 g/m² de semillas de pasto Bermuda que registran valores bajos. En cuanto a los bloques establecidos dentro del ensayo experimental se presenta el mayor peso de follaje en el bloque 2.

Tabla 16. Modelo lineal general: ALTURA DE PLANTA cm *Cynodon dac* vs. TRATAMIENTOS; BLOQUE

Sección	Fuente / Término	Valor F	Valor t	Valor p	Coe f.	Media	Agrupación
ANOVA	TRATAMIENTO	0,77	—	0,553	—	—	—
	S						
	BLOQUE	0,31	—	0,744	—	—	—
Coefficients	Constante	—	14,26	0,000	10,0	—	—
					42		
	18 gr. Testigo	—	-0,20	0,845	-	—	—
					0,25		
	20 gr. Semilla	—	-0,36	0,730	-	—	—
					0,44		
	30 gr. Semilla	—	1,45	0,196	1,77	—	—
	BLOQUE 1	—	-0,69	0,516	-	0,516	—
					0,68		
					7		
	BLOQUE 2	—	0,01	0,990	0,01	0,990	—
					3		
Comparaciones	30 gr. Semilla	—	—	—	—	11,813	A
						3	
Tukey							
	18 gr. Testigo	—	—	—	—	9,7933	A
	20 gr. Semilla	—	—	—	—	9,6000	A
	40 gr. Semilla	—	—	—	—	8,9600	A

El análisis de varianza indica que no hay diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($F = 0,77$; $p = 0,553$) ni entre bloques ($F = 0,31$; $p =$

0,744). Los coeficientes individuales del modelo confirman que ningún tratamiento ni bloque tiene efecto significativo sobre la altura de planta. Las comparaciones de medias por Tukey muestran que todas las medias comparten la misma letra (A), lo que refuerza que no se detectan diferencias significativas entre las dosis de semilla evaluadas, en conjunto, bajo las condiciones experimentales, las diferentes dosis de semilla y los bloques no afectan significativamente la altura de planta de *C. dactylon*.

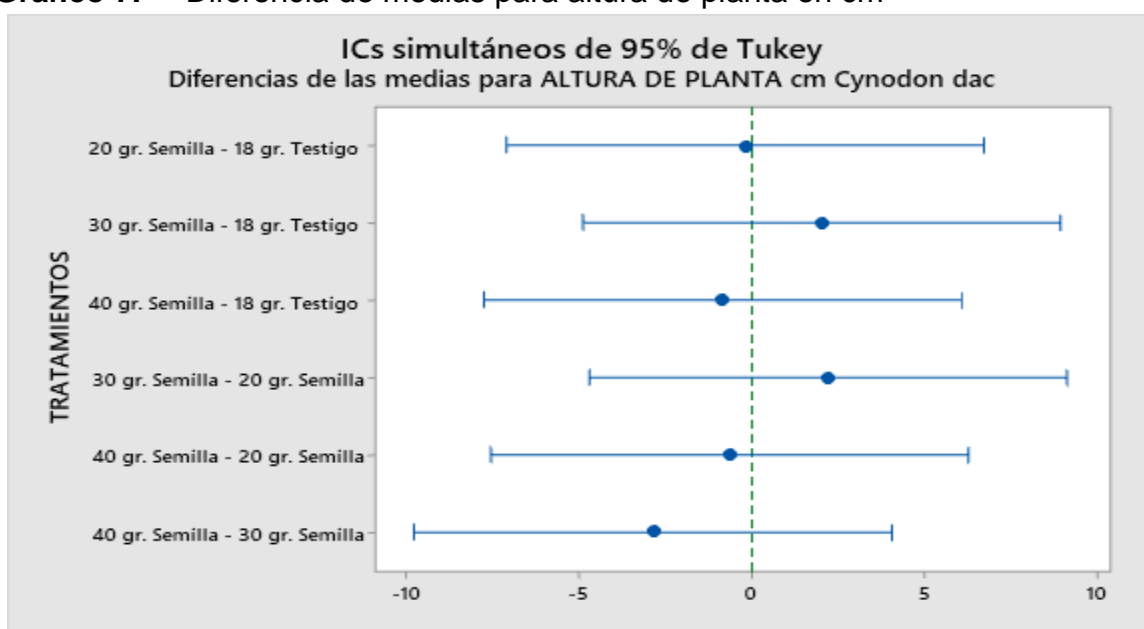
Tabla 17. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de TRATAMIENTOS niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
20 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-0,19	1,99	(-7,09; 6,71)	-0,10	1,000
30 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	2,02	1,99	(-4,88; 8,92)	1,01	0,748
40 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-0,83	1,99	(-7,73; 6,07)	-0,42	0,973
30 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	2,21	1,99	(-4,69; 9,11)	1,11	0,696
40 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	-0,64	1,99	(-7,54; 6,26)	-0,32	0,987
40 gr. Semilla - 30 gr. Semilla	-2,85	1,99	(-9,75; 4,05)	-1,43	0,525

Nivel de confianza individual = 98,66%

Los valores de p ajustados son mayores que 0,05 (rango 0,525–1,000), lo que indica que ninguna de las diferencias entre tratamientos es estadísticamente significativa, los IC incluyen el cero y las diferencias de medias son pequeñas, desde -2,85 hasta 2,21 cm, comparadas con el error estándar (EE = 1,99), lo que indica que los efectos de las dosis sobre la altura de planta son mínimos.

Gráfico 7. Diferencia de medias para altura de planta en cm



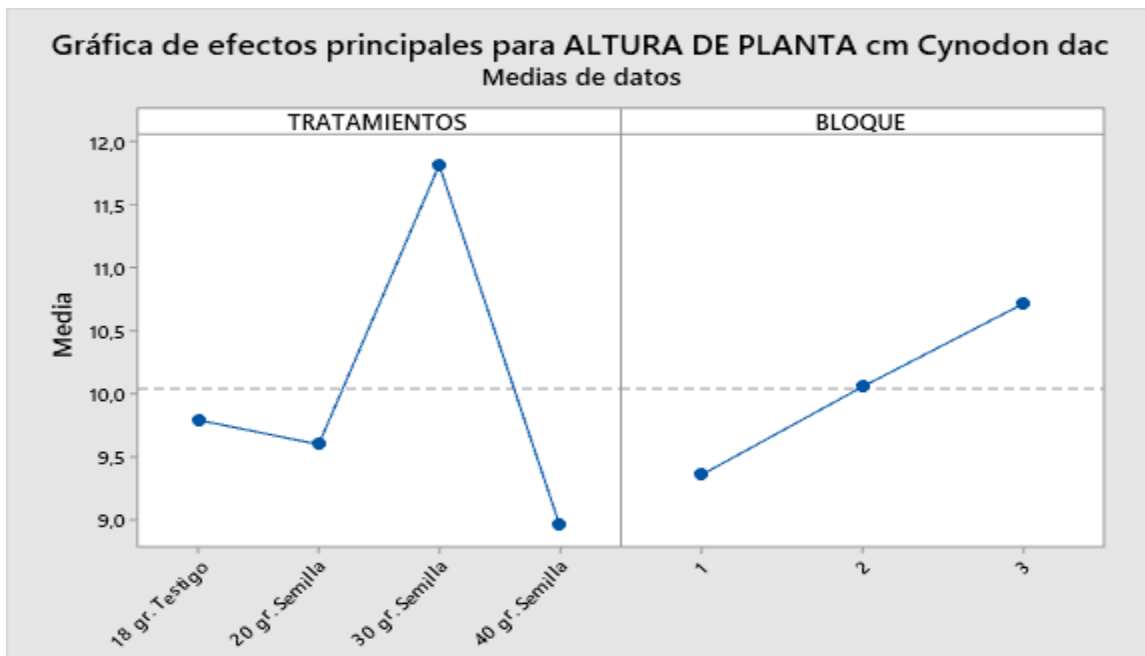
En el gráfico 7. Se presenta las diferencias de medias para altura de planta en cm de *C. dactylon*, obtenido por medio de las comparaciones de Tukey realizadas al 95%, cada intervalo representa las diferencias de las medias de los tratamientos aplicados (18, 20, 30 y 40 g), los resultados obtenidos muestran que existe diferencia entre las medias, pero no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) por lo que solo existe una tendencia agronómica marcada para altura de las plantas de pasto Bermuda entre los tratamientos analizados.

Tabla 18. Comparaciones por parejas de Tukey: BLOQUE

Sección	Bloque / Comparación	N	Media	Agrupación	Diferencia de medias	IC simultáneo 95%	Valor p
Medias Comparaciones Tukey	Bloque 3	4	10,715	A	—	—	—
	Bloque 2	4	10,055	A	—	—	—
	Bloque 1	4	9,355	A	—	—	—
	2 - 1	—	—	—	0,70	(-4,59; 5,99)	0,914
	3 - 1	—	—	—	1,36	(-3,93; 6,65)	0,723
	3 - 2	—	—	—	0,66	(-4,63; 5,95)	0,923

Todas las medias de los bloques comparten la misma letra (A), indicando que no existen diferencias estadísticamente significativas entre ellos. Las comparaciones por parejas mediante Tukey confirman este resultado, ya que todos los valores p ajustados son mayores a 0,05 y los intervalos de confianza simultáneos incluyen cero. En consecuencia, bajo las condiciones experimentales evaluadas, el factor bloque no tuvo un efecto significativo sobre la altura de planta, y la variabilidad observada entre bloques es mínima en comparación con la variabilidad total del experimento.

Gráfico 8. Gráfica de efectos principales para altura de planta cm *C. dactylon*



En el gráfico 8. De efectos principales para altura de las plantas en cm de pasto Bermuda *C. dactylon*, se presentan las medias generales los factores tratamientos (Testigo. 18 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla) y los bloques (1,2, y 3), se puede observar que existe una variación en la altura de la planta en cm, por lo que el tratamiento T1. 20 g/m² de semilla de pasto presentó el mayor promedio en cuanto a la variable altura de la planta en cm, a diferencia del Testigo 18 g/m² de semilla y el tratamiento T2. 30 g/m² de semillas y T3. 40 g/m² de semillas que registran valores bajos. En cuanto a los bloques establecidos dentro del ensayo experimental se presenta la mayor altura de la planta en el bloque 2.

Tabla 19. 3.2.8 Modelo lineal general: Largo de raíz cm *C. dactyl* vs. Tratamientos; Bloque

Sección	Fuente / Término	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p	Coef.	EE
ANOVA	TRATAMIENTO	6,4617	2,1539	0,49	0,702	—	—
	S						
	BLOQUE	0,6614	0,3307	0,08	0,928	—	—
	Error	26,3618	4,3936	—	—	—	—
	Total	33,4849	—	—	—	—	—
Coeficiente	Constante	—	—	—	0,000	8,255	0,605
	18 gr. Testigo	—	—	—	0,710	-0,41	1,05
	20 gr. Semilla	—	—	—	0,294	1,21	1,05
	30 gr. Semilla	—	—	—	0,513	-0,73	1,05
	Bloque 1	—	—	—	0,996	-	0,856
						0,005	
	Bloque 2	—	—	—	0,750	-	0,856
						0,285	

El análisis de varianza indica que ningún factor tiene efecto significativo sobre la variable respuesta: TRATAMIENTOS ($F = 0,49$; $p = 0,702$) y BLOQUE ($F = 0,08$; $p = 0,928$). Los coeficientes del modelo confirman esta tendencia, ya que todos los valores p asociados a los tratamientos y bloques son mayores a 0,05. En conjunto, las diferentes dosis de semilla y los bloques no generan diferencias estadísticamente significativas sobre la variable medida bajo las condiciones del experimento.

3.2.3 Comparaciones para Largo de raíz cm *C. dactylon*

Tabla 20. Comparaciones por parejas de Tukey: Tratamientos

TRATAMIENTOS	N	Media	Agrupación
20 gr. Semilla	3	9,46000	A
40 gr. Semilla	3	8,18667	A
18 gr. Testigo	3	7,84667	A
30 gr. Semilla	3	7,52667	A

Las medias de los tratamientos muestran que el largo de la raíz fue ligeramente mayor en 20 gr. Semilla (9,46) y menor en 30 gr. Semilla (7,53), mientras que 18 gr. Testigo (7,85) y 40 gr. Semilla (8,19) se ubicaron en valores intermedios. Sin embargo, todas las medias comparten la misma letra de agrupación (A), lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos según la prueba de Tukey.

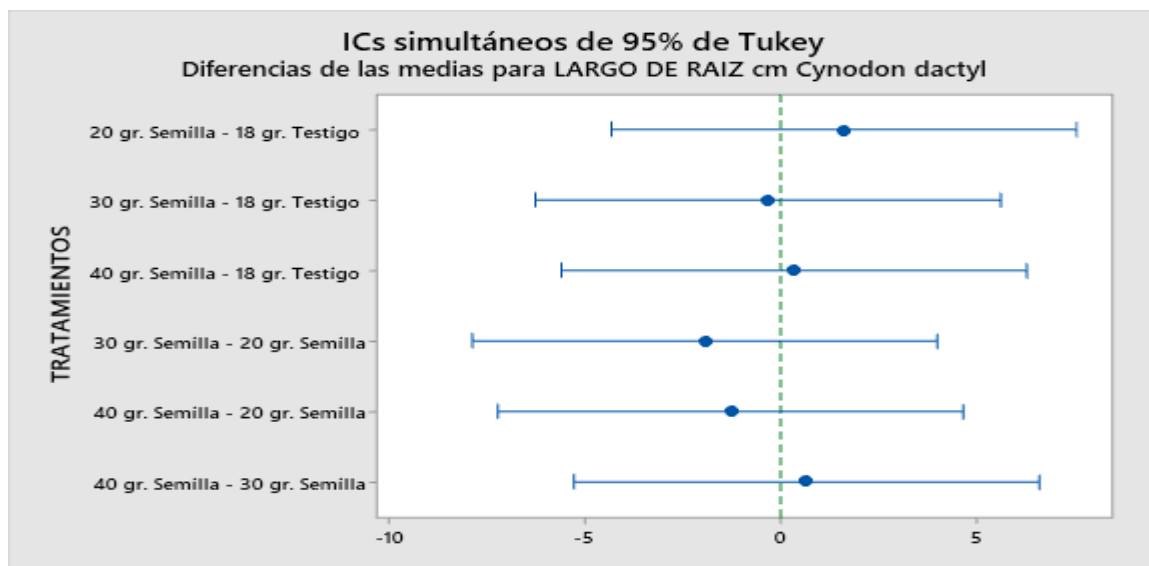
Tabla 21. Pruebas simultáneas de Tukey para diferencias de las medias

Diferencia de TRATAMIENTOS niveles	Diferencia de medias	EE de diferencia	IC simultáneo de 95%	Valor T	Valor p ajustado
20 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	1,61	1,71	(-4,32; 7,54)	0,94	0,785
30 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	-0,32	1,71	(-6,25; 5,61)	-0,19	0,997
40 gr. Semilla - 18 gr. Testigo	0,34	1,71	(-5,59; 6,27)	0,20	0,997
30 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	-1,93	1,71	(-7,86; 4,00)	-1,13	0,687

40 gr. Semilla - 20 gr. Semilla	-1,27	1,71	(-7,20; 4,66)	-0,74	0,876
40 gr. Semilla - 30 gr. Semilla	0,66	1,71	(-5,27; 6,59)	0,39	0,979

Los valores p son mayores que 0,05 (rango 0,687–0,997), lo que indica que ninguna de las diferencias entre tratamientos es estadísticamente significativa, los intervalos de confianza simultáneos incluyen el cero, por ejemplo, para 20 gr. Semilla vs 18 gr. Testigo, IC = (-4,32; 7,54). Las diferencias observadas son pequeñas, desde -1,93 hasta 1,61, en comparación con el error estándar (EE = 1,71), lo que indica que los tratamientos no generan un efecto relevante sobre la variable medida.

Gráfico 9. Diferencia de medias para largo de raíz en cm



En el gráfico 9. Se presenta las diferencias de medias para largo de raíz en cm de *C. dactylon*, obtenido por medio de las comparaciones de Tukey realizadas al 95%, cada intervalo representa las diferencias de las medias de los tratamientos

aplicados (18, 20, 30 y 40 g), los resultados obtenidos muestran que existe diferencia entre las medias, pero no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$), por lo que la tendencia se mantiene en el largo de la raíz en cm entre los tratamientos analizados.

Gráfico 10. Gráfica de efectos principales para largo de raíz cm *C. dactylon*



En el gráfico 10. De efectos principales para largo de raíz en cm de pasto Bermuda *C. dactylon*, se presentan las medias generales los factores tratamientos (Testigo. 18 g/m² semilla, T1. 20 g/m² de semilla, T2. 30 g/m² de semilla y T3. 40 g/m² de semilla) y los bloques (1,2, y 3), se puede observar que existe una variación en el largo de la raíz en cm, por lo que el tratamiento T1. 20 g/m² de semilla presenta el mayor largo promedio en cuanto a la variable largo de raíz, a diferencia del Testigo 18 g/m² de semilla y el tratamiento T2. 30 g/m² r de semillas y T3. 40 g de semillas que registran valores bajos. En cuanto a los bloques establecidos dentro del ensayo experimental se presenta el mayor largo de raíz en el bloque 3.

Tabla 22. Correlaciones

	TRATAMIENTO gr, semillas	PESO BIOMASA gr. C. <i>dactylon</i>	Altura P. cm <i>C.dactylon</i>	Peso Raiz gr.C. <i>dactylon</i>	Peso Follaje gr. C. <i>dactylon</i>
PESO BIOMASA gr. C. <i>dactylon</i>	0,033				
Altura P. cm <i>C.dactylon</i>	-0,046	-0,121			
Peso Raiz gr.C. <i>dactylon</i>	-0,316	0,367	0,116		
Peso Follaje gr. C. <i>dactylon</i>	-0,219	0,532	0,430	0,635	
Largo Raiz cm C. <i>dactylon</i>	-0,134	0,484	-0,137	0,083	0,029

La tabla 22 muestra los coeficientes de correlación de Pearson entre diferentes variables medidas en *C. dactylon*: peso de biomasa total, altura de planta, peso de raíz, peso de follaje y largo de raíz. La correlación entre peso de follaje y peso de raíz es $r = 0,635$, lo que indica una relación positiva moderada-fuerte; a mayor peso de la raíz, tiende a haber mayor peso de follaje, el largo de raíz muestra una correlación muy débil con las demás variables ($r < 0,5$), indicando que el crecimiento en longitud de la raíz no se relaciona fuertemente con el peso de biomasa ni con la altura, el peso de raíz vs peso total de biomasa muestra $r = -0,316$, sugiriendo una tendencia inversa débil; sin embargo, el valor es bajo, por lo que la relación probablemente no es significativa.

Gráfico 11. Correlación: TRATAMIENTOS gr, semillas; PESO BIOMASA gr. *C. dactylon*; Altura P. cm *C. dactylon*; Peso Raíz gr.C. *dactylon*; Peso Follaje gr. *C.*

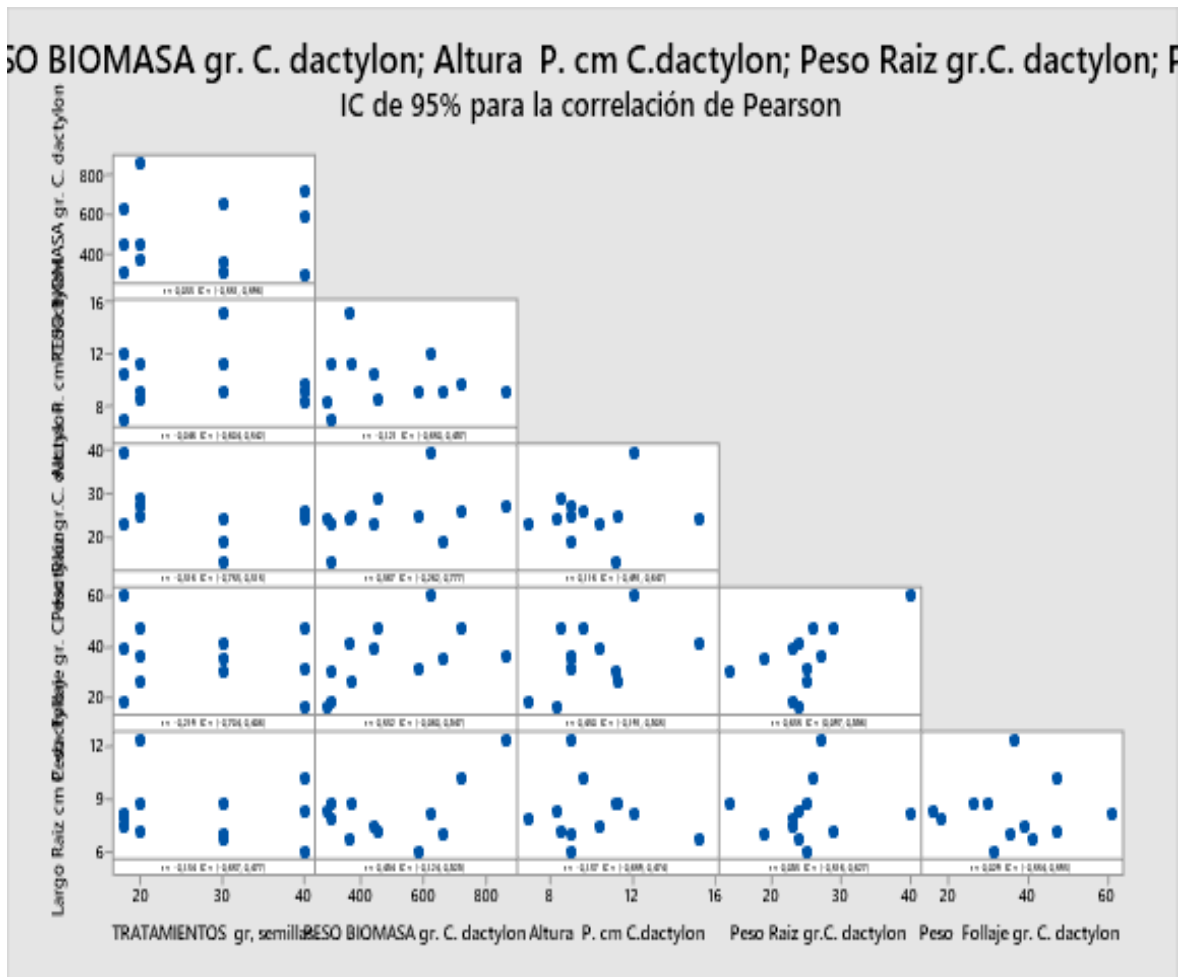


Tabla 23. Correlaciones en parejas de Pearson

Muestra 1	Muestra 2	Correlación	IC de 95% para p	Valor p
PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i>	TRATAMIENTOS gr, semillas	0,033	(-0,551; 0,596)	0,918
Altura P. cm <i>C. dactylon</i>	TRATAMIENTOS gr, semillas	-0,046	(-0,604; 0,542)	0,886

Peso Raiz gr. <i>C. dactylon</i>	TRATAMIENTOS gr, semillas	-0,316	(-0,753; 0,315)	0,318
Peso Follaje gr. <i>C. dactylon</i>	TRATAMIENTOS gr, semillas	-0,219	(-0,704; 0,406)	0,495
Largo Raiz cm <i>C. dactylon</i>	TRATAMIENTOS gr, semillas	-0,134	(-0,657; 0,477)	0,679
Altura P. cm <i>C. dactylon</i>	PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i>	-0,121	(-0,650; 0,487)	0,708
Peso Raiz gr. <i>C. dactylon</i>	PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i>	0,367	(-0,262; 0,777)	0,240
Peso Follaje gr. <i>C. dactylon</i>	PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i>	0,532	(-0,060; 0,847)	0,075
Largo Raiz cm <i>C. dactylon</i>	PESO BIOMASA gr. <i>C. dactylon</i>	0,484	(-0,124; 0,828)	0,111
Peso Raiz gr. <i>C. dactylon</i>	Altura P. cm <i>C. dactylon</i>	0,116	(-0,491; 0,647)	0,721
Peso Follaje gr. <i>C. dactylon</i>	Altura P. cm <i>C. dactylon</i>	0,430	(-0,191; 0,805)	0,163
Largo Raiz cm <i>C. dactylon</i>	Altura P. cm <i>C. dactylon</i>	-0,137	(-0,659; 0,474)	0,672
Peso Follaje gr. <i>C. dactylon</i>	Peso Raiz gr. <i>C. dactylon</i>	0,635	(0,097; 0,886)	0,026
Largo Raiz cm <i>C. dactylon</i>	Peso Raiz gr. <i>C. dactylon</i>	0,083	(-0,516; 0,627)	0,799
Largo Raiz cm <i>C. dactylon</i>	Peso Follaje gr. <i>C. dactylon</i>	0,029	(-0,554; 0,593)	0,928

La mayoría de las correlaciones entre variables de crecimiento y biomasa son moderadas o bajas y no significativas. La única relación significativa es peso de

follaje vs peso de raíz ($r = 0,635$; $p = 0,026$), indicando que las plantas con raíces más pesadas tienden a tener follaje más pesado.

Tabla 24. *Correlación Tratamientos vs variables biométricas*

Relación	r	p	Interpretación
Tratamiento – Biomasa	0,033	0,918	Positiva
Tratamiento – Altura	-0,046	0,886	Positiva
Tratamiento – Raíz	-0,316	0,318	Débil negativa
Tratamiento – Follaje	-0,219	0,495	Débil negativa
Tratamiento – Largo raíz	-0,134	0,679	Nula

No se detectó asociación lineal significativa entre la dosis de semilla y las variables biométricas ($p > 0,05$). Esto indica que la densidad de siembra no determinó directamente el crecimiento individual de plantas, sugiriendo compensación fisiológica intraespecífica.

Tabla 25. *Correlaciones con BIOMASA (variable productiva clave)*

Relación	r	p	Interpretación
Biomasa – Altura	-0,121	0,708	Nula
Biomasa – Raíz	0,367	0,240	Moderada (+)
Biomasa – Follaje	0,532	0,075	Moderada alta (+)
Biomasa – Largo raíz	0,484	0,111	Moderada (+)

La biomasa se asoció principalmente con peso foliar, la relación de biomasa con altura fue baja y la raíz muestra aporte estructural al rendimiento.

Tabla 26. *Correlaciones entre variables vegetativas*

Relación	r	p	Interpretación
Raíz – Follaje	0,635	0,026	Alta positiva significativa

La correlación entre variables vegetativas de raíz-follaje fue la única correlación significativa ($p < 0,05$), existe proporcionalidad entre desarrollo aéreo y radicular, por lo que las plantas con mayor peso foliar presentaron mayor biomasa radicular, evidenciando equilibrio funcional en la asignación de foto asimilados.

Tabla 27. *Correlaciones no significativas*

Relación	r	Interpretación
Altura – Follaje	0,430	Moderada no significativa
Altura – Raíz	0,116	Baja
Largo raíz – Raíz	0,083	Nula
Largo raíz – Follaje	0,029	Nula

La producción de biomasa depende más del peso foliar que de la altura.

El sistema radicular acompaña el desarrollo aéreo (correlación significativa, la longitud radicular no refleja eficiencia de absorción y la densidad de siembra no afectó el vigor individual.

3.2.4 Evaluar la influencia de las condiciones edáficas y nutricionales del suelo sobre el crecimiento del césped bajo distintas densidades de siembra durante el periodo experimental.

El análisis de suelo realizado en la Estación Experimental Latitud 0 mostró condiciones favorables para el establecimiento y crecimiento del césped Bermuda:

Tabla 28. Análisis integrado del suelo

pH	6,95 (prácticamente neutro)
Conductividad eléctrica	0,23 dS/m (suelo no salino)
Textura	Franco
Materia orgánica	1,05 % (baja)
Fósforo (P)	23,07 ppm (alto)
Potasio (K)	1,99 meq/100 g (alto)
Calcio (Ca)	24,0 meq/100 g (alto)
Magnesio (Mg)	3,71 meq/100 g (alto)
Nitrógeno (NH₄⁺)	6,45 ppm (bajo)

Fuente: Análisis de suelo realizado con muestras tomadas del ensayo experimental ver Anexo 10.

El suelo presenta una adecuada fertilidad química y estructura favorable, sin limitaciones por salinidad o acidez. Sin embargo, la baja materia orgánica y el bajo nitrógeno disponible constituyen el principal factor limitante para el crecimiento vegetativo, especialmente de la biomasa aérea. En densidades altas (40 g) la competencia por nitrógeno, elemento deficitario en el suelo, redujo la acumulación de biomasa en algunas repeticiones, en un suelo franco y no compacto, las

densidades bajas favorecieron la expansión radicular, permitiendo mayor exploración del perfil del suelo para compensar la baja disponibilidad de nitrógeno.

Después de haber realizado en análisis foliar de las muestras tomadas en campo a los 68 días se presenta a continuación la composición nutricional:

Tabla 29. *Macronutrientes (% materia seca)*

Nutriente	Valor	Interpretación agronómica
N	1.50 %	Medio
P	0.11 %	Bajo
K	1.01 %	Medio
Ca	0.60 %	Medio
Mg	0.35 %	Adecuado
S	0.16 %	Bajo

Fuente: Análisis foliar realizado, ver Anexo 11.

El cultivo presenta niveles moderados de nitrógeno (N) y potasio (K), adecuados para el establecimiento inicial del pasto, pero una relativa carencia de fósforo (P) y azufre (S), elementos clave para el crecimiento radicular y la degradación de proteínas.

Por lo tanto, el nivel medio de N fue suficiente para generar alta biomasa en densidades intermedias, pero en densidades altas la demanda nutricional superó la capacidad de absorción, limitando la producción, la altura elevada en densidades

medias refleja una respuesta morfológica a la competencia por luz, favorecida por niveles adecuados de K y Ca que mantuvieron la turgencia celular y la deficiencia de fósforo se expresó en una mayor asignación de biomasa al sistema radicular, como estrategia de la planta para mejorar la exploración del suelo

Tabla 30. *Micronutrientes (ppm)*

Micronutriente	Valor	Interpretación
Fe	525 ppm	Alto
Mn	290 ppm	Adecuado–alto
Zn	31 ppm	Adecuado
Cu	29 ppm	Adecuado
B	10,56 ppm	Adecuado

Fuente: Análisis foliar realizado, ver Anexo 11.

No se evidencian deficiencias de micronutrientes; estos no constituyeron factores limitantes del crecimiento, en cuanto a las relaciones nutricionales N/K 1,49 presentó un balance adecuado para crecimiento vegetativo, la relación N/P 13,64 indica una deficiencia relativa de fósforo, la relación Mg/K 0,35 es aceptable y se presentó una relación equilibrada de $(Ca+Mg)/K = 0,94$.

La relación del estado nutricional foliar con los tratamientos muestran que los mayores valores de biomasa (hasta 865 g) se observaron en el tratamiento 20 g de semilla, a pesar de que el N foliar fue solo medio y en el tratamiento de 40 g, se observó alta variabilidad (288–720 g).

3.2.5 Análisis de la precipitación durante el ensayo y su relación con el crecimiento de *C. dactylon*

Durante el período de evaluación (octubre–noviembre–diciembre), se registró una distribución irregular de las lluvias, característica de la zona de Cojimíes, con alternancia de días secos y eventos de precipitación moderada a alta.

Tabla 31. *Precipitaciones de (octubre-noviembre-diciembre)*

Meses	Datos obtenidos	Resultados
Octubre	Lluvias frecuentes, con varios eventos >5 mm, Máximos, diarios registrados: 16,20 mm y 10,60 mm	Humedad en el suelo adecuada para el inicio de la germinación y establecimiento del césped, favoreciendo de esta forma el desarrollo radicular temprano
Noviembre	Lluvias bajas a moderadas, con valores diarios entre 1 y 5 mm, con un valor acumulado mensual aproximado: 45 mm	Condiciones estables, sin exceso hídrico, fueron ideales para el crecimiento vegetativo y la absorción de nutrientes.
Diciembre	Menor frecuencia de lluvias y eventos concentrados con registros de 24,6 mm y 28,8 mm.	Humedad que fue clave para la elongación del césped, pero sin provocar saturación prolongada del suelo.

Nota. Datos obtenidos de mediciones registradas por Ing. Tyrone Zambrano Mg de un pluviómetro ubicado en la Estación Experimental Latitud 0.

La precipitación registrada durante el ensayo fue suficiente para el establecimiento y crecimiento del césped, sin generar condiciones de estrés hídrico severo ni anegamiento. La textura franca del suelo permitió un buen drenaje, evitando pérdidas por exceso de agua incluso durante eventos intensos de diciembre.

Las densidades de siembra de 20 g de semillas/m² y 30 g de semillas/m² aprovecharon mejor la dinámica hídrica del suelo, a diferencia de la densidad alta 40 g de semillas/m², que presentó alta sensibilidad en época seca esto se debe a la competencia intraespecífica. La distribución de las lluvias influyó positivamente en el desarrollo del césped *C. dactylon*, favoreciendo el crecimiento radicular y la producción de biomasa. No obstante, el efecto de la precipitación estuvo condicionado por la densidad de siembra, donde las densidades 20 g de semillas/m² y 30 g de semillas/m² presentaron una respuesta más eficiente al régimen hídrico registrado.

3.2.6 Proponer recomendaciones técnicas de siembra y manejo agronómico de césped Bermuda para áreas deportivas en condiciones de alta precipitaciones con base en los resultados obtenidos

Propuesta técnica para la implementación de siembra de césped Bermuda en una cancha de fútbol, diseñada específicamente para condiciones climáticas de alta precipitación como la estación Experimental Latitud 0, donde el control del drenaje, la estabilidad del suelo y la resistencia del césped son factores que deben ser considerados para obtener óptimos resultados. Esta propuesta se realizó con el

objetivo de implementar césped Bermuda en una cancha de futbol, minimizando el exceso de humedad sobre el terreno, garantizando las condiciones adecuadas de drenaje, resistencia al uso y manejo adecuado del terreno de juego.

A continuación, se muestra un presupuesto general para una cancha de futbol de 60 m de largo x 40 m de ancho donde se incluyen estudios y análisis de suelo, manejo de suelo (limpieza, excavación y compactación del terreno), material de relleno, sistema de drenaje y siembra de césped.

Tabla 32. Presupuesto General para una cancha de 60 m largo x 40 m ancho

Items	Unidad	Cantidad	Precio Unit. (USD)	Subtotal (USD)
Análisis de suelo	global	2	45	90
Subtotal estudios				90
Limpieza y desbroce	m ²	2.400	0,5	1.200
Excavación y conformación	m ³	300	2	600
Compactación subrasante	m ²	2.400	1,1	2.640
Subtotal movimiento de tierras				4.440
Capa drenante (arena/grava) 15 cm	m ³	120	20	2.400
Capa de transición 5 cm	m ³	140	20	2.800
Nivelación láser	m ²	2.400	1,1	2.640

Subtotal capas				7.840
Césped (Bermuda)	Lb.	50	12	600
Siembra de Césped	m ²	2.400	1	2.400
Riego inicial y asentamiento	global	1	250	250
Subtotal Césped				3.250
Zanjas drenantes	m	120	8	960
Tubería perforada PEAD Ø110 mm	m	120	6,5	780
Grava drenante	m ³	100	25	2.500
Subtotal drenaje				4.240
TOTAL				19.860

El presupuesto considerado para una cancha de fútbol de 60 m de largo x 40 m de ancho está en \$19.860 USD, considerando actividades como limpieza de terreno, mantenimiento, siembra y semilla de césped.

Gráfico 12. ubicación de cancha de futbol en la Estación Experimental Latitud 0



Fuente: Ensayo realizado por (Ortiz, 2025) implementación de sistema de drenaje en área de estudio.

De acuerdo a (Ortiz, 2025) los mejores resultados en cuanto a las pendientes de un sistema de drenaje para una cancha de futbol dentro de las condiciones de la Estación Experimental Latitud 0 de altas precipitaciones, son de 10% y 15%, las cuales presentan un menor tiempo de escorrentía y tiempos de recuperación más rápidos sin generar erosión superficial visible y el tiempo de drenaje fue menor. Además, la pendiente de 15% permite que la cancha deportiva se recupere de una manera más rápida, a diferencia de la pendiente de 5%, donde el terreno deportivo requiere de un tiempo mayor para su recuperación desde de la caída de las precipitaciones.

3.3 Discusión de los resultados

En el presente ensayo experimental acerca de “Evaluación de tres densidades de siembra de césped en área deportiva en la Estación Experimental Latitud 0” después del respectivo análisis de datos se presentó una variación en el peso de la raíz en gr en los tratamientos (T1. 20 gr/m² y T3. 40 gr) de semilla de *C. dactylon* donde los promedios fueron altos en comparación con el Testigo 0. (18 gr/m²) de semilla y el tratamiento (T2. 30 gr/m²) de semillas que registran valores bajos. En cuanto a los bloques establecidos dentro del ensayo experimental se presenta el mayor peso de raíz en el bloque 2. Por lo tanto, (De los Santos, 2023) afirma que la tendencia de la altura y peso seco fue a disminuir con el tiempo (pendientes negativas). Por el contrario, la cobertura tiende a incrementarse con el tiempo, además recomienda utilizar sustratos cuya base nutricional es baja en fósforo y potasio para obtener un efecto positivo sobre el desarrollo del césped Bermuda *C. dactylon* para campos deportivos.

Para la variable peso del follaje se presenta una variación, por lo que el tratamiento (T0. 18 gr/m² y T1. 20 gr/m²) de semilla de pasto presentaron el mayor promedio en cuanto a la variable peso de follaje, a diferencia del (T2. 30 gr/m² y T3. 40 gr/m²) de semillas de pasto Bermuda que registran valores bajos, pero el mayor peso de follaje se obtuvo en el bloque 2. En las medias generales los factores tratamientos se puede observar que existe una tendencia marcada en el largo de la raíz en cm, por lo que el tratamiento (T1. 20 gr/m²) presenta el mayor largo promedio a diferencia del (Testigo 0 18 gr/m²) de semilla y del tratamiento (T2. 30 gr/m² y T3.

40 gr/m²) de semillas que registran valores bajos, por lo que se presenta el mayor largo de raíz en el bloque 3. En base a estos resultados obtenidos (Marcillo, 2024) menciona que se puede obtener efectos positivos al aplicar los tratamientos de fertilización esto interviene en el desarrollo del diámetro del tallo, altura, ancho y longitud de la hoja central, densidad de hojas por m², peso seco y tasa de crecimiento, esto impacta directamente en el crecimiento de las plantas.

En cuanto a la altura de la planta en cm, el tratamiento (T1. 20 gr/m²) de semilla de pasto, presentó el mayor promedio en cuanto a la variable altura de la planta en cm, a diferencia del (Testigo 0. 18 gr/m²) de semilla y el tratamiento (T2. 30 gr/m²) de semillas y (T3. 40 gr/m²) de semillas que registran valores bajos, por lo que se presenta la mayor altura de la planta en el bloque 2. Por este motivo, (Marcillo, 2024), menciona que se debe explorar una gama más extensa de tratamientos para descubrir nuevos efectos y combinaciones sinérgicas para optimizar el crecimiento y desarrollo de las plantas. Considerando también los factores ambientales, a través de la evaluación del impacto de las diferentes condiciones ambientales (temperatura, luz, nutrientes) sobre la respuesta de las plantas al tratamiento aplicado podría proporcionar una visión más completa de los factores que afectan el crecimiento.

Menciona De los Santos, (2023) el género *Cynodon* el de mayor uso para céspedes deportivos, por tener una característica de textura fina y tiene una

capacidad de regeneración alta y una respuesta positiva frente al estrés del alto tránsito.

De acuerdo a estudios realizados por la Universidad Clemson, (2015) menciona que los céspedes requieren los micronutrientes nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) en mayores concentraciones. Calcio, magnesio y azufre son requeridos en menores concentraciones y los micronutrientes hierro, manganeso, zinc, boro, cobre, cloro, molibdeno, y níquel rara vez son necesitados y si se necesitan solo requieren cantidades diminutas en comparación con los macronutrientes.

En relación a lo anterior los resultados después de realizar el análisis de suelo se plantea que la baja materia orgánica limitó la disponibilidad sostenida de nitrógeno, afectando el desarrollo foliar en tratamientos con mayor densidad, donde la demanda nutricional requerida fue más alta, en cuanto a la textura del suelo es franca y la baja salinidad lo que permitió un buen crecimiento radicular; no obstante, las densidades altas limitaron la longitud de raíz debido a competencia espacial.

Además, los resultados demuestran que, bajo condiciones edáficas favorables, pero con limitación de Nitrógeno (N) y materia orgánica (MO), la densidad de siembra se convierte en el principal factor para el desarrollo del *C. dactylon*. Las densidades intermedias 20 g de semillas/m² y 30 g de semillas/m² lograron una tendencia marcada bajo las condiciones del ensayo presentando un efecto sobre la biomasa aérea y desarrollo radicular, mientras que la densidad alta 40 gr/m² generó competencia intraespecífica que minimizó la eficiencia de utilizar nutrientes.

En cuanto al análisis foliar realizado se evidencia que *C. dactylon* se desarrolló bajo un estado nutricional moderadamente equilibrado, con nitrógeno y potasio en niveles medios, suficientes para el establecimiento inicial del césped. Sin embargo, la baja concentración de fósforo y azufre limitó el crecimiento óptimo del follaje y contribuyó a la variabilidad observada entre tratamientos, por lo tanto, las densidades intermedias (20 y 30 gr/m² de semilla) aprovecharon mejor el balance nutricional existente, mientras que la densidad alta (40 gr/m²) incrementó la competencia por nutrientes, reduciendo la eficiencia del uso del nitrógeno y fósforo disponibles.

El análisis de correlación de Pearson evidenció ausencia de asociación significativa entre las dosis de semilla y las variables biométricas evaluadas, lo que sugiere que la densidad de siembra no influyó directamente sobre el crecimiento individual de *C. dactylon*. La biomasa mostró una correlación positiva moderada con el peso foliar ($r = 0,532$), indicando que la producción forrajera se relaciona principalmente con el desarrollo aéreo. La única correlación significativa se registró entre peso radicular y peso foliar ($r = 0,635$; $p = 0,026$), evidenciando equilibrio funcional entre los compartimentos vegetativos. La altura de planta y la longitud radicular no mostraron asociación con la biomasa, sugiriendo que estas variables no constituyen indicadores directos de rendimiento bajo las condiciones del ensayo.

Desde el enfoque edáfico, el suelo presentó pH neutro, alta saturación de bases y niveles elevados de Ca, K y P, condiciones que favorecieron el crecimiento general pero no generaron diferenciación entre dosis. La baja materia orgánica emerge

como el principal factor limitante del desarrollo radicular y de la respuesta a la densidad de siembra. El análisis foliar reveló niveles adecuados de N, K, Ca y Mg, que sustentaron el crecimiento vegetativo. La alta disponibilidad de micronutrientes aseguró actividad metabólica óptima, lo que contribuyó a la homogeneidad fisiológica y a la ausencia de respuesta diferencial a las dosis de semilla. Estos resultados guardan relación y similitud con lo reportado por Zambrano-Barcia et al. (2021), quienes señalan que en suelos degradados de Jama-Manabí los procesos de floculación y pérdida de arcilla, especialmente en el horizonte Ap, reducen la capacidad de retención de nutrientes, afectando directamente el crecimiento vegetal. Asimismo, en ensayos donde se omitieron N, P y K, se observaron disminuciones significativas en el desarrollo de plantas indicadoras de *Zea mays*, lo que refuerza la importancia de estos macro-nutrientes en el crecimiento de las gramíneas. En el contexto del presente estudio, donde se evidenciaron problemas marcados de nitrógeno y fósforo, junto con una menor proporción de potasio, se puede inferir que la limitación nutricional responde tanto a procesos de degradación física del suelo como a una baja capacidad de reposición de nutrientes. Particularmente, la deficiencia de nitrógeno podría constituir el principal factor limitante, dado su comportamiento dinámico en el suelo y su rol estructural en la síntesis de proteínas y clorofila. Por su parte, la restricción de fósforo compromete procesos energéticos y el desarrollo radicular, mientras que el potasio, aunque en menor proporción relativa, continúa siendo determinante en la regulación osmótica y resistencia al estrés.

4. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en el presente ensayo experimental indican que no se evidenciaron diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$) entre las densidades de siembra evaluadas (18, 20, 30 y 40 g de semilla/m²) sobre las variables de crecimiento del césped *C. dactylon* bajo las condiciones de la Estación Experimental Latitud 0.
2. A pesar de la ausencia de significancia estadística, se observaron tendencias agronómicas en las variables peso de raíz, peso de follaje, largo de raíz y altura de planta, donde las densidades intermedias, especialmente 20 g de semilla/m², mostraron valores promedio más estables en el equilibrio entre desarrollo radicular y biomasa aérea.
3. En el análisis de suelo se evidenció pH neutro, alta saturación de bases y niveles elevados de Ca, K y P, condiciones que favorecieron el crecimiento general pero no generaron diferenciación entre dosis, además la presencia de una limitación nutricional asociada a bajos niveles de materia orgánica, lo cual pudo restringir la expresión de diferencias significativas entre tratamientos, especialmente en densidades altas, donde la competencia por nutrientes fue mayor, la limitación de nutrientes está relacionada con la nula capacidad de reponer nutrientes por proveniente principalmente de suelos degradados.
4. La producción de biomasa estuvo asociada al régimen de precipitaciones registrado durante el período experimental, observándose mayores valores

durante meses con lluvias acumuladas, lo que sugiere que el efecto de la densidad de siembra estuvo condicionado por factores climáticos y edáficos, particularmente la disponibilidad hídrica y nutricional.

5. RECOMENDACIONES

1. Con base en las tendencias observadas en el presente estudio, se recomienda utilizar densidades de siembra cercanas a 20 g de semilla/m² para el establecimiento de césped *C. dactylon* en áreas deportivas, acompañadas de la incorporación de materia orgánica, con el fin de mejorar la disponibilidad de nitrógeno en suelos con bajo contenido de MO.
2. Considerando la deficiencia de fósforo (P) y azufre (S) detectada en el análisis de suelo, se recomienda implementar un manejo de fertilización inicial que incluya fuentes fosfatadas y azufradas, especialmente en densidades intermedias (20 y 30 g de semilla/m²), para mejorar la eficiencia nutricional del cultivo.
3. Para futuras investigaciones, se sugiere evaluar la interacción entre densidad de siembra y manejo nutricional, incorporando tratamientos de fertilización y un mayor período de evaluación, con el fin de determinar su efecto sobre la cobertura del césped, el desarrollo radicular y la producción de biomasa en áreas deportivas.

6. BIBLIOGRAFIA

1. Corporación Zulueta. (2021). *El césped de Bermuda o Grama fina*. Recuperado el 05 de 10 de 2025, de Zuleta: <https://zulueta.com/el-cesped-de-bermuda-o-grama-fina/>
2. Corporación Zulueta. (2021). *Sembrar césped. Guía técnica*. Recuperado el 01 de 11 de 2025, de Zuleta: <https://zulueta.com/sembrar-cesped-de-forma-profesional-en-4-pasos/>
3. Calderón, J. (2018). *LOS CÉSPEDES DEPORTIVOS*. Obtenido de Consejo Superior de Investigaciones Científicas: <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/download/2198/2517/2957>
4. Carperseed. (2025). *ESTABLECIMIENTO Y MANTENIMIENTO*. Recuperado el 05 de 10 de 2025, de <https://carperseed.com/semillas/cesped-calido-tropical/pasto-bermuda-comun/>
5. Centro Agrícola de la Universidad Estatal de Luisiana. (2025). *Bermudagrass*. Recuperado el 02 de 11 de 2025, de AgCenter: https://www.lsuagcenter.com/topics/lawn_garden/commercial_horticulture/turfgrass/identification-of-turfgrass-species/warm-season-species/bermudagrass#:~:text=M%C3%A9todos%20de%20establecimiento,que%20las%20ra%C3%ADces%20se%20arraiguen.
6. Cercado, E. (2022). *EVALUACIÓN DE MICROORGANISMOS EFICIENTES (ME) EDÁFICOS EN EL CULTIVO DE CACAO (Theobroma cacao L)*.

Proyecto de investigación, UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ – EXTENSIÓN PEDERNALES, FACULTAD DE INGENIERÍA, Pedernales. Recuperado el 20 de 10 de 2025

7. Corrales, J. (2018). *Estudio para el diseño de drenaje, riego y gramado de la cancha de futbol*. Recuperado el 20 de 11 de 2023, de <https://repositorio.unisucree.edu.co/handle/001/216>
8. De los Santos, A. L. (2023). *“FERTILIZACIÓN COMERCIAL PARA LA INSTALACIÓN DE CAMPOS DE FÚTBOL CON CÉSPED BERMUDA (Cynodon dactylon) EN COSTA CENTRAL”*. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA, FACULTAD DE AGRONOMÍA, Lima-Perú. Recuperado el 10 de 11 de 2025, de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1456324c-97d8-46fd-9016-380548cda2e8/content>
9. EcuRed. (15 de 10 de 2012). *Cynodon dactylon*. Recuperado el 08 de 10 de 2025, de https://www.ecured.cu/Cynodon_dactylon#Taxonom.C3.ADa
10. Gonzalo, S. (2022). *Densidad recomendada de césped natural por área*. Recuperado el 20 de 11 de 2023, de <https://verdeeden.com/densidad-recomendada-de-cesped-por-area/>
11. Google Earth. (2020). *Ubicación del ensayo experimental*. Recuperado el 01 de 10 de 2025, de <https://earth.google.com/web/search/Atahualpa,+Pedernales,+Manab%c3%ad/@-0.02616813,-79.97057469,67.00681708a,588.61288978d,35y,209.67956667h,0t,0r/data>

=CiwiJgokCVHJSMxOr6A_EXjcxA10YZA_GdkLkSq9-

1PAIT0Mx24A_IPAQgIIAUICCBKDJ_____8BEAA

12. Hernandez, S. M., & Amaya, D. (2025). *Cynodon dactylon*. Recuperado el 07 de 10 de 2025, de <https://colombia.inaturalist.org/taxa/58371-Cynodon-dactylon>
13. Heuzé, V., Tran, G., Delagarde, R., & Lebas, F. (20 de 10 de 2015). *Pasto Bermuda (Cynodon dactylon)*. Recuperado el 05 de 10 de 2025, de <https://www.feedipedia.org/node/471>
14. Laurencena, M. I., Carponi, M. S., Reinoso, P. D., Scorciapino, C., Galli, M., & Pérez, G. (11 de 2009). Comportamiento de céspedes de *Cynodon dactylon* (L.) Pers.en Paraná, Entre Ríos, Argentina. *Ciencias Exactas y naturales*(39). Recuperado el 12 de 11 de 2025, de <https://www.redalyc.org/pdf/145/14512426007.pdf>
15. Marcillo, I. C. (2024). *Evaluación de diferentes dosis de fertilizante de urea en Cynodon Dactylon en el complejo deportivo D13 vía Chamanga-Pedernales*. UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÌ, FACULTAD DE INGENIERÍA AGROPECUARIA, Pedernales. Recuperado el 10 de 11 de 2025, de <https://repositorio.ulead.edu.ec/bitstream/123456789/6698/1/ULEAM-AGRO-0399.pdf>
16. Mendoza, D. (2017). *DISEÑO DE RIEGO, DRENAJE Y GRAMADO DE CANCHA DE FUTBOL*. Recuperado el 20 de 11 de 2023, de

<https://repositorio.ug.edu.ec/server/api/core/bitstreams/08a704a4-d913-42cf-bcb9-31973fe1ec0b/content>

17. Ortiz, S. P. (2025). *Evaluación de eficiencia de drenaje, a diferentes grados de pendientes, en áreas deportiva en la E.E. Latitud 0, Pedernales 2023*. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Pedernales . Recuperado el 04 de 01 de 2026, de <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/9403>
18. Pamies, M., Pellerano, L., & Roselló, J. (2022). *INFORMACIÓN TÉCNICA Y COSTOS DE LA SIEMBRA DE PASTURAS* . Recuperado el 12 de 02 de 2026, de https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/13309/INTA_CRChaco-Formosa_EEAColoniaBenitez_Pamies_ME_Informaci%C3%B3n_t%C3%A9cnica_y_econ%C3%B3mica_siembra_pasturas.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Por%20lo%20general%2C%20la%20dens
19. Peterson, M. (2020). *Efecto de diferentes composiciones del espesor de amortiguación en superficies ecuestres de Césped*. Recuperado el 10 de 11 de 2025, de <https://repositorio.umaza.edu.ar/handle/00261/1620>
20. Purnell, J. (12 de 12 de 2024). *Guía de la grama bermuda: tipos, características y cuidados*. Recuperado el 13 de 11 de 2025, de LawnStarter: <https://www.lawnstarter.com/blog/lawn-care-2/bermudagrass-guide/#:~:text=Tiene%20alta%20tolerancia%20al%20desgaste,opc%C3%B3n%20popular%20para%20campos%20deportivos>.

21. Rainer, S. (04 de 10 de 2024). *Grama Bermuda: Una opción ideal para tu césped*. Recuperado el 09 de 10 de 2025, de LERAVA: <https://lerava.com/es/blogs/prados/grama-bermuda-una-opcion-ideal-para-tu-cesped?srsltid=AfmBOoostmihETjr8CNmViSEECMsPO4DkOb-HGbmgleRbsx9aRj12R5>
22. Seed, P. (2023). *Todo lo que necesita saber sobre el pasto Bermuda*. Obtenido de https://www-pennington-com.translate.google.com/all-products/grass-seed/resources/all-you-need-to-know-about-bermudagrass?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=tc
23. Sela, G. (05 de 07 de 2023). *La densidad de siembra*. Recuperado el 12 de 02 de 2026, de <https://cropaia.com/es/blog/la-densidad-de-siembra/>
24. Toapanta, B. O. (2019). *Pdot Parroquia Atahualpa 2014-2019*. Recuperado el 08 de 06 de 2025, de <https://es.scribd.com/document/293162383/Pdot-Parroquia-Atahualpa-2014-2019#:~:text=En%20verano%20la%20temperatura%20oscila,en%20invierno%20alcanza%20los%20340C>.
25. Trenholm, L. E., Schiavon, M., & Unruh, J. B. (2024). *La Grama Bermuda para Patios de Florida*. Recuperado el 04 de 10 de 2025, de Universidad de Florida: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/LH083>
26. Turfgrass. (28 de 01 de 2025). *Césped Bermuda: Cuidados, beneficios y consejos de expertos*. Recuperado el 12 de 10 de 2025, de Turfgrass Group: <https://theturfgrassgroup.com/bermuda-grass/bermuda-grass-lawn-care-benefits-and-expert-tips/>

27. Universidad Clemson. (05 de 12 de 2015). *Fertilización de Céspedes*. Recuperado el 20 de 12 de 2025, de <https://hgic.clemson.edu/factsheet/fertilizacion-de-cespedes/>
28. Warren, J., & Jeff, E. (03 de 2017). *Siembra de granos pequeños en pasturas de pasto Bermuda*. Recuperado el 15 de 10 de 2025, de <https://extension.okstate.edu/fact-sheets/sod-seeding-small-grains-into-bermudagrass-pasture.html>
29. Yáñez, C. J. (2019). *GUÍA CONSTRUCTIVA PARA LA MODIFICACIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE, RIEGO Y GRAMADO DE UN CAMPO DEPORTIVO MULTIDISCIPLINARIO DE CÉSPED NATURAL INCORPORANDO LA TÉCNICA ESPINA DE PESCADO Y AUTOMATISMOS CON PLC'S EN EL COLEGIO ALEMÁN DE QUITO*. UDLA, Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas. Recuperado el 12 de 11 de 2025, de <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/11496/1/UDLA-EC-TTCD-2019-14.pdf>
30. TA Zambrano-Barcia, RRM Chila, H. Intriago-Mendoza y LA Madrid-Jiménez, (2021) "Omisión de minerales y recuperación con materia orgánica en suelos álbicos del cantón Jama", vol. 2, n3 [accessed Mar 01 2026], de https://revistas.uileam.edu.ec/index.php/uileam_bahia_magazine/article/view/130

7. ANEXOS

Anexos 1. Materiales utilizados para el establecimiento del ensayo



Anexos 2. Siembra



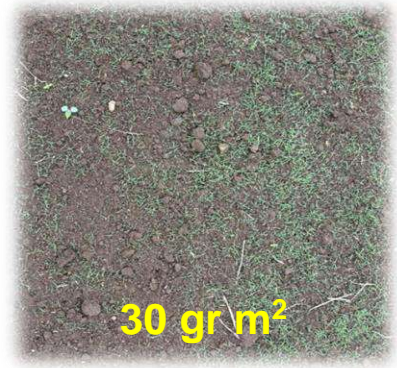
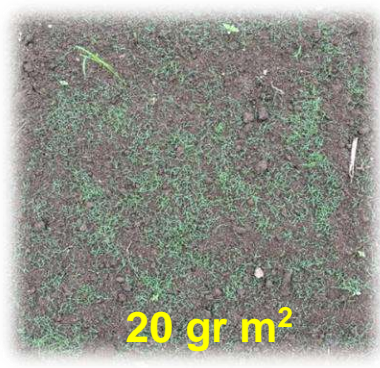
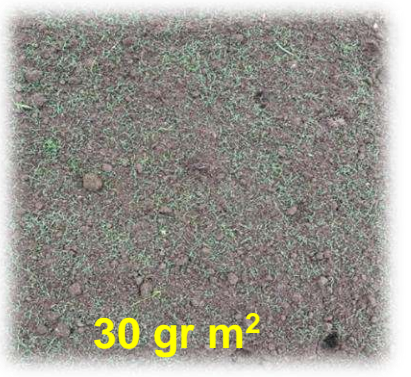
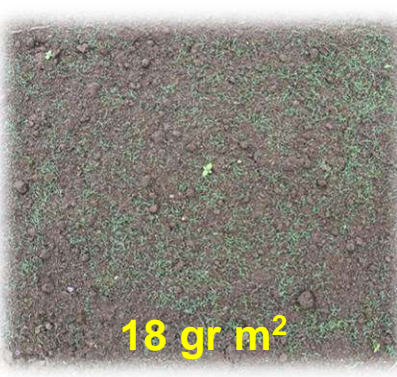
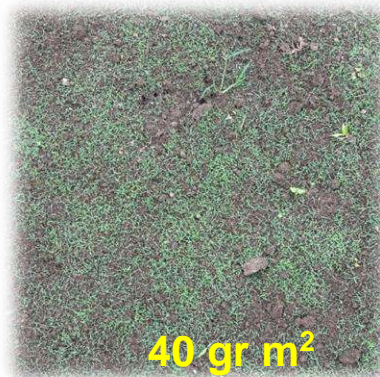
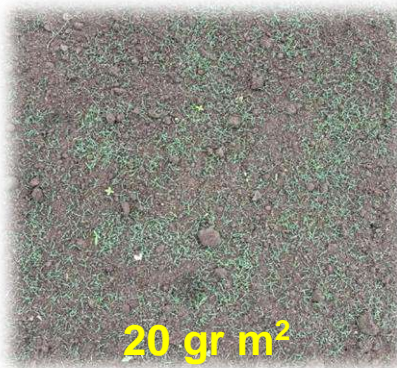
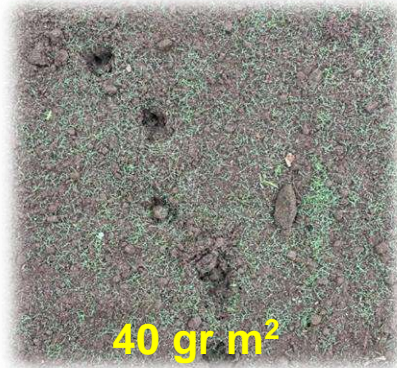


Anexos 3. Toma de datos de las variables

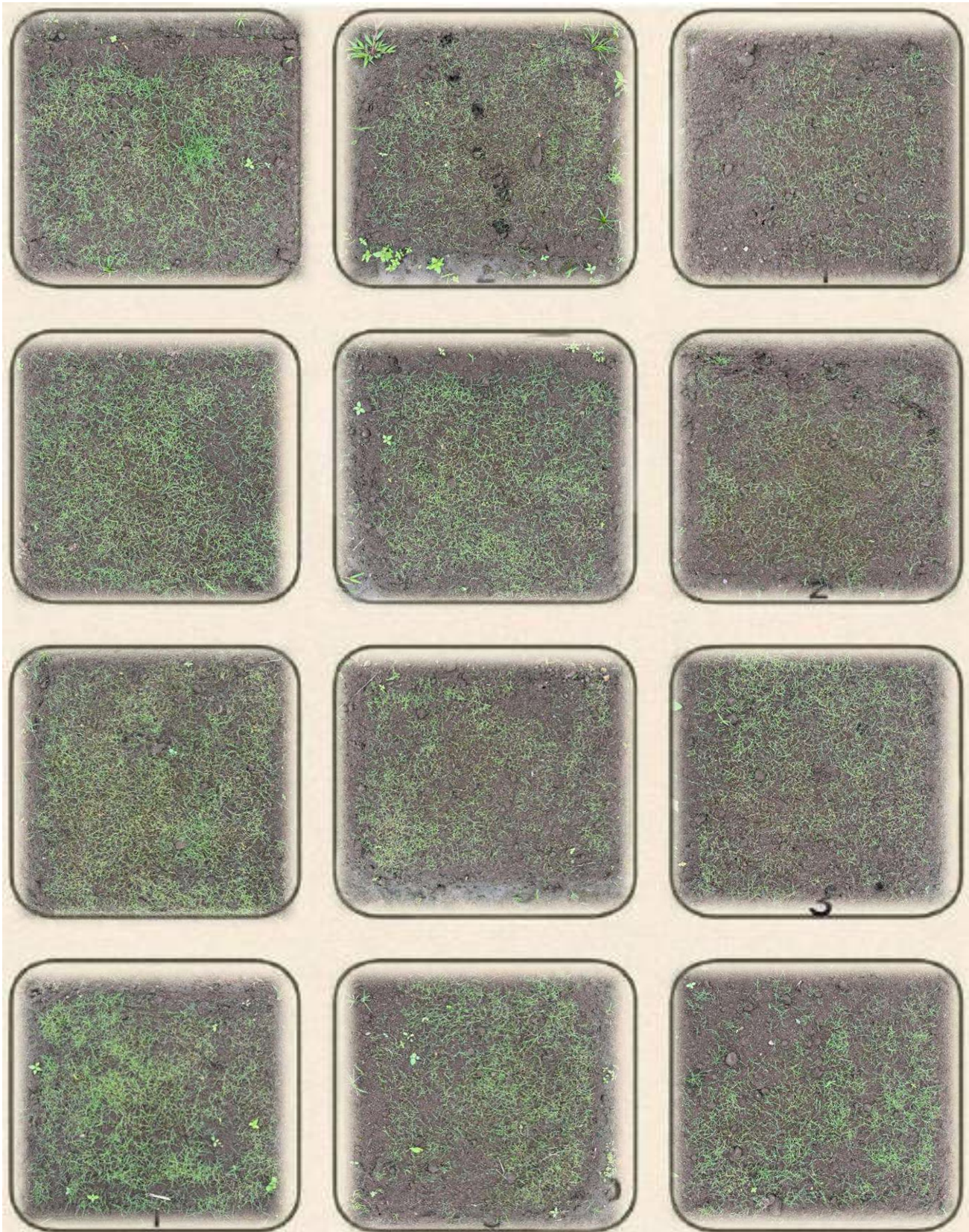


Anexos 4.

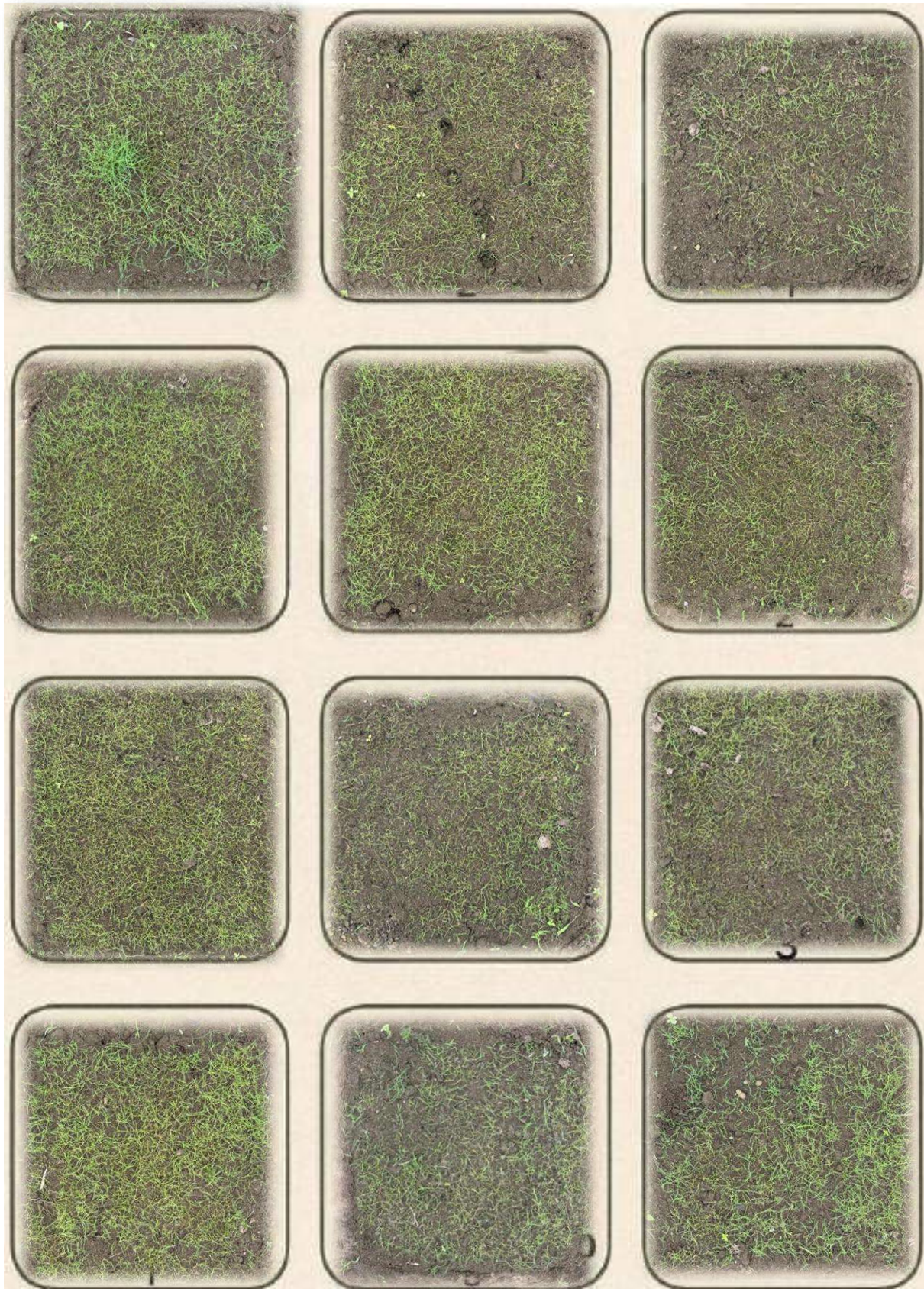
Altura del pasto del 10 de noviembre



Anexos 5. Altura del pasto del 18 de noviembre



Anexos 6. Altura del pasto 26 de noviembre



Anexos 7. Altura del pasto del 04 de diciembre de 2025



Anexos 8. Altura del pasto del 12 de diciembre de 2025



Anexos 9. Altura del pasto del 20 de diciembre de 2025



Anexos 10. Análisis de suelo



RESULTADOS: ANÁLISIS DE SUELOS

Datos del cliente		Referencia	
Cliente:	Sra. NAYELHY ROSADO MUÑOZ	Número Muestra:	775
Propiedad:	ESTACIÓN EXPERIMENTAL	Fecha de ingreso:	12/1/2026
Cultivo:	PASTO BERMUDA	Impreso:	21/1/2026
Identificación:	68 DIAS	Fecha de Entrega:	21/1/2026

Identificación del lote: **TRATAMIENTO 1**

Profundidad:

pH	C E	M.O	NH ₄	P	S	K	Ca	Mg
En Agua	da/m	%		ppm			meq/100 g	
6.95	0.23	1.05	6.45	23.07	12.51	1.89	24.00	3.71
P.N.	N-5	B	B	A	M	A	A	A

Na	Al+H	Al	Z bases	TEXTURA (%)			Cu	B
meq/100g				Arena	Limo	Arcilla	ppm	
			29.70				1.30	0.37
			A	CLASE TEXTURAL:			M	M

Fe	Zn	Mn	Ca/Mg	Mg/K	(Ca+Mg)/K	%
ppm			R1	R2	R3	M.S.
25.9	2.10	46.20	6.47	1.86	13.92	30.02
M	B	A	A	B	O	

INTERPRETACIÓN

Textura	Elementos	pH	Conductividad eléctrica
Foo. = Franco	MB= Muy Bajo	M.Ac. = Muy Ácido	N.S.= No salino
Foo.Ar = Franco Arenoso	B = Bajo	Ac = Ácido	L.S.= Ligeramente salino
Arc. = Arcilloso	M = Medio	Me.Ac.= Medianamente Ácido	S. = Salino
Ar. = Arenoso	A = Alto	L.Ac. = Ligeramente Ácido	M.S.= Muy Salino
Li. = Limoso	O = Óptimo	P. N. = Prácticamente Neutro	

Determinación	Metodología	Extracción
P, NH ₄ ⁺	Colorimetría	Oslen
K, Ca, Mg	Absorción	Modificado
Zn, Cu, Fe, Mn	Atómica	pH 8.5
S	Turbidimetría	Fuertes de Ca
B	Colorimetría	Monobásico
Cl	Volumétrica	Punto Solubilidad
M.O.	Walkley y Black	No Aplica

Determinación	Metodología	Extracción
pH	Potenciométrica	Suelo-Agua (1:2.5)
CE	Conductimetría	No Aplica
Textura	Modificado de Bouyoucos	No Aplica
Al	Volumétrica	KCl/1N
Al + H		

Luz María Martínez
 Dra. Luz María Martínez
 LABORATORISTA

Calle 5a. Clavellina N° 602 y Zetema. (A dos cuadras
 de la Clínica Anónima mejor equipada)
 Teléfono:
 2751-601

M&J

Anexos 11. Analisis foliar



RESULTADOS: ANÁLISIS FOLIAR

Datos del cliente		Referencia	
Cliente	Sra. NAYELHY ROSADO MUÑOZ	Numero de muestra:	7781
Propiedad:		Fecha de Ingreso:	12/1/2026
Identificación:	TRATAMIENTO 1	Fecha de impresión:	29/1/2026
Cultivo:	PASTO BERMUDA	Fecha de Entrega:	31/1/2026
Edad	88 DIAS	No. Laboratorio	Desde: 0 001 Hasta:

MATERIA SECA (%)						
VALORES	N	P	K	Ca	Mg	S
Tiene	1,50	0,11	1,01	0,60	0,35	0,16

ppm						%
VALORES	Cu	B	Fe	Zn	Mn	M.S.
Tiene	29,00	10,56	625,00	31,00	290,00	94,11

RELACIONES						BASES (%)
VALORES	N/K	N/P	Mg/k	Ca/B	(Ca+Mg)/k	(K+Ca+Mg)
	R4	R5	R2	R1	R3	SUMATORIA
Tiene	1,49	13,64	0,35	568,18	0,94	1,96

Dra. Luz María Martínez

Dra. Luz María Martínez
LABORATORISTA
AGROLAB

